

ÜBER AUSWIRKUNGEN
DER FUNKTIONELL BEDINGTEN
ELASTISCHEN DEFORMIERUNG
DER MANDIBULA
AUF DIE STELLUNG
DER UNTEREN SEITENZÄHNE
BEIM TRAGEN VON
LINGUALEN UNTERKIEFERPLATTEN

H Marx

Mainz

1957.
I

Aus der prothetischen Abteilung
(Leiter: Prof. Dr. F. Jung)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. Dr. M. Herrmann)
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Über Auswirkungen der funktionell bedingten elastischen
Deformierung der Mandibula auf die Stellung der unteren
Seitenzähne beim Tragen von lingualen Unterkieferplatten**

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von
Heinz Marx
Zahnarzt aus Glatz
1957



Dekan: Prof. Dr. U. Köttgen

Referent: Prof. Dr. F. Jung

Datum des Diploms 11. Dez. 1957

Meinem hochgeschätzten Lehrer
Herrn Prof. Dr. med. dent. Fritz Jung
in Dankbarkeit und Verehrung



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554416_0102

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	7
II. Der gegenwärtige Stand des einschlägigen Wissens in der mir zugänglichen Literatur:	
1. Die funktionell bedingte elastische Deformierung der Mandibula	8
2. Die Zahnverdrängung durch prothetische oder kieferorthopädische Platten bzw. Apparate	13
III. Untersuchungen über die Auswirkung der elastischen Deformierung der Mandibula auf die Stellung der unteren Seitenzähne beim Tragen von einfachen, lingualen Unterkieferplatten:	
1. Untersuchungsmethodik	
a) Die Platten	20
b) Das Meßgerät	23
c) Die Meßtechnik und ihre kritische Bewertung	24
d) Die Versuchsanordnung	27
2. Untersuchungsergebnisse	
a) Die einzelnen Meßergebnisse	29
b) Allgemeine Beobachtungen während des Tragens der Platten	37
IV. Diskussion der Untersuchungsergebnisse und Folgerungen	42
V. Zusammenfassung	52
VI. Literaturverzeichnis	55

I.

Einleitung

Die Befolgung des jedes ärztliche Tun und Denken beherrschenden Leitsatzes „*Salus aegroti suprema lex*“ stellt die verpflichtende Triebkraft dar, stets an der Erforschung und Entwicklung immer vollkommenerer Mittel und Wege zu arbeiten, um ein Höchstmaß der erstrebten Wirkung zu erreichen.

Auf dem Gebiete der zahnärztlichen Prothetik und Orthopädie führte die längst vollzogene Abkehr von einer vorwiegend technisch-mechanischen Denk- und Handlungsweise zu einer biologisch orientierten Betrachtungsweise entsprechend den in der allgemeinen Medizin gültigen Erkenntnissen der Physiologie und Pathologie mit dem Ziele, bei allen Maßnahmen den physiologisch-funktionellen Belangen des Kauorgans Rechnung zu tragen, also der natürlichen Funktion möglichst nahe zu kommen. Dominierend ist dabei das Bestreben, die für den Organismus schädlichen Kräfte weitmöglichst auszuschalten oder, wo dies im Hinblick auf den erwünschten Effekt nicht möglich ist, so zu lenken, daß sie sich unter der Grenze bewegen, bis zu der der Organismus sie durch physiologische Anpassung kompensieren kann. Die genaue Kenntnis des durch unsere zahnärztlichen Maßnahmen veränderten Kräftespieles und seiner Auswirkungen ist die erforderliche Voraussetzung für die richtige Beurteilung der Möglichkeit, geeignete Wege zur Beeinflussung in einem für die Gewebe günstigen Sinne zu finden.

Jede Eingliederung eines Ersatzes oder, wie in der Kieferorthopädie, auch nur einer einfachen Platte stellt eine Störung des physiologisch-funktionellen Gleichgewichtes zwischen Muskelkräften und Gewebsstruktur dar, welche zu Umbauprozessen führt. Die Abwanderung der Zähne ist das dabei zunächst augenfälligste klinische Resultat, dessen wissenschaftliche Deutung, speziell auf histologischem Gebiet, heute als weitgehend einheitlich zu bezeichnen ist. Bei den sie auslösenden Kräften und funktionellen Mechanismen blieb bisher aber die von JUNG aufgezeigte und nachgewiesene sehr bedeutsame Tatsache unberücksichtigt, daß die Skeletteile des Gebißsystems, also die direkten oder indirekten Hauptträger jeden Zahnersatzes bzw. jeder Platte, bei ihrer Funktion eine ela-

stische Deformierung erfahren. Besonders die relativ große funktionelle elastische Deformierung der Mandibula im Seitenzahnbereich kann beim Einfügen eines mehr oder weniger starren, der Kieferform weitgehend entsprechenden Körpers, als solcher ist jede Plattenbasis zu bewerten, nicht ohne Auswirkungen, also nicht unberücksichtigt bleiben.

Zur Klärung der Frage, wie und in welchem Maße dies der Fall ist, soll diese Arbeit ein bescheidener Beitrag sein.

II.

Der gegenwärtige Stand des einschlägigen Wissens in der mir zugänglichen Literatur

1. Die funktionell bedingte elastische Deformierung der Mandibula.

Die jedem Knochen eigene Elastizität beruht neben der Eigenelastizität des Knochengewebes, also seinem Elastizitätsmodul, vor allem auf der Anordnung seiner Bauelemente. So verglich BENNINGHOF die sich kreuzenden Platten des Lamellenknochens mit der gekreuzten Faserrichtung einer Sperrholzplatte und schreibt in seinem Lehrbuch der Anatomie des Menschen „Osteone wären mit Sperrholzlöhren zu vergleichen. Es wird durch diese Bauweise mit geringem Materialaufwand eine große Festigkeit, verbunden mit einer angemessenen Elastizität, erreicht.“

Tieferen Einblick über die strukturelle Anordnung der Elemente eröffnete H. v. MEYER, der eine völlige Übereinstimmung des Verlaufes der Spongiosabälkchen mit den von dem Ingenieur CULMANN errechneten Hauptspannungslinien feststellte. Dieser trajektorielle Bau des Knochen läßt sich auch an der Kompakta mit Hilfe des Spaltlinienverfahrens nachweisen. Ihre Anordnung entspricht den bei der normalen Funktion, wozu auch die statische und dynamische Belastung sowie die zur Bewegung erforderlichen Muskelkontraktionen gehören, auftretenden Zug- und Druckspannungen. TRIEPEL schildert in seinem Buche „Die trajektoriellen Strukturen“ die Versuche, die er zur Klärung dieser Frage angestellt hat.

Zur Untersuchung der knöchernen Elastizität im Kiefer- und Gesichtsbereich wurden von MESSERER Messungen an ganzen Schädeln und Mandibeln durchgeführt, wobei er die Grenze der Bruchfestigkeit zu ermitteln suchte. Dazu komprimierte er u. a. die Mandibula mit starken horizontalen Kräften gegen die beiden Gelenkköpfchen, bis eine Fraktur in der Unterkiefermitte eintrat und stellte die dabei auftretenden elastischen Kräfte des Knochens fest.

Allen diesen Versuchen, die zum Teil am entkalkten oder aber am mehr oder weniger ausgetrockneten Knochen durchgeführt wurden, fehlte es an den zur gültigen Beurteilung nötigen physiologischen Bedingungen. Im Bestreben, diese zu schaffen, führte WETZEL seine Messungen an nicht-mazerierten frischen Leichenköpfen durch, wobei er die durch Belastung entstehenden Lageveränderungen einzelner Punkte des Mittel- und Obergesichtes zueinander beschrieb und maß.

In neuerer Zeit führte ZAK photoelastische Analysen über die Reaktionen des Knochens auf mechanische Einwirkungen durch. Aber auch für diese, an einem eingespannten Ziegenkiefer angestellten Experimente, wie für alle anderen Versuche gelten noch die Worte Triepels: „Die Nachteile der Versuche mit toten Geweben und Organen sind die fehlende Blutzirkulation und Innervation, sowie die veränderte Feuchtigkeit und Temperatur“.

Im Bemühen, die elastischen Eigenschaften des Knochens des Gesichtsskelettes im lebenden menschlichen Körper in der Funktion kennen zu lernen, griff JUNG die z. B. bei der Schienung von Kieferfrakturen verwendete Tatsache auf, „daß der im Alveolarfortsatz verankerte Zahn praktisch als ein in die Mundhöhle hineinragender, seiner Weichteilbedeckung entblößter Teil des Kieferknochens angesehen werden kann“. Er sah darin die gegebene Möglichkeit, über die Zähne als direkt übertragende Meßpunkte Untersuchungen über die Elastizität der Kieferknochen anzustellen. Diese sollten dazu dienen, seine auf Grund von jahrelangen klinischen Beobachtungen gestellte und 1948 veröffentlichte Behauptung zu beweisen, „daß auch die Skeletteile eines gesunden Gebißsystems schon bei physiologischer Beanspruchung in einem praktisch durchaus bedeutungsvollen Ausmaße deformiert werden“.

Besondere Beobachtungen bei der prothetischen Versorgung Kieferverletzter hatten zu der Annahme geführt, daß auch im gesunden Kiefer bei weiter Mundöffnung eine wahrnehmbare Federung der unteren Seitenzähne auftritt, die nur als Folge einer Verwindung der horizontalen Äste der Mandibula gedeutet werden konnte. Es war dies u. a. die Feststellung, daß Prothesen, die nach einem bei weit geöffnetem Munde genommenen Abdruck hergestellt worden waren, wohl beim Eingliedern, das ja ebenfalls bei geöffneten Zahnreihen erfolgte, befriedigten, daß beim Schlußbiß jedoch die Patienten über Spannungen klagten, die ein Tragen der Prothese unmöglich machten und immer wieder zu Druckstellen führten. Erst nach in annähernder Schlußbißstellung genommenen Abdrücken angefertigte Prothesen oder, wo dies technisch nicht durchführbar war, in zwei Teilen hergestellte und nach einem fixierenden Abdruck in Schlußbißstellung zusammengefügte führten zum Erfolg. Diese durften allerdings nicht bei weit geöffneten Kiefern eingegliedert werden, in welcher Stellung sie auch nur nach starkem Beschleifen überhaupt einzufügen gewesen wären, sondern annähernd im Schlußbiß, eben der Kieferlage beim Abdruck entsprechend.

Zur Klärung dieser Erscheinung wurden zunächst Untersuchungen über die Elastizität der Mandibula bei den reinen Bewegungsfunktionen in Angriff genommen, da sich nach JUNGs Beobachtungen gerade an diesem Kieferknochen die meist unerwünschte elastische Deformierung am stärksten bemerkbar gemacht hatte. Er verwendete dazu einen Innentaster mit Meßuhr, der es gestattete, die infolge der elastischen Deformierung bei den verschiedenen Kieferbewegungen auftretenden Zahnbewegungen im Munde des Patienten zu registrieren und direkt abzulesen. Dabei machte er die Feststellung, daß sich bei voll funktionstüchtigen Gebissen die Entfernung der beiden seitlichen Zahnreihen in der Gegend der zweiten Molaren bei einer maximalen Bißöffnung etwa um 0,35 mm und bei einer maximalen Vorschubbewegung des Unterkiefers um etwa 0,70 mm verringert. Im Gebiet der zweiten Prämolaren durchgeführte Messungen zeigten im Durchschnitt sechsmal kleinere Werte. Bei einer Betrachtung der einzelnen Meßergebnisse im Hinblick auf den Funktionszustand des Gebisses kam JUNG zu dem Ergebnis, daß „die Elastizität des knöchernen Kiefer-

gerüstes eine Eigenschaft des gesunden Gebisses ist. Ein höheres Ausmaß der elastischen Deformierbarkeit ist ein Symptom der übersteigerten Beanspruchung, ihr Absinken aber umgekehrt ein solches der funktionellen Minderwertigkeit“.

Als Ursache für die bei den Kieferbewegungen auftretenden Deformierungen gibt JUNG den Zug der aktiv komprimierten und passiv gedehnten Kiefermuskulatur an, der entsprechend ihrem Verlauf und ihrer Ansatzpunkte in der Funktion unterschiedlich starke und verschieden gerichtete Kräfte auf die Mandibula einwirken läßt, wodurch der Knochen gemäß seiner unterschiedlichen Form und Struktur verschieden starke Verbiegungen und Verwindungen erfährt. So zieht bei der maximalen Bißöffnung die an der Linea mylohyoidea speziell in ihrem dorsalen Teil hoch an der Innenseite des horizontalen Kieferastes ansetzende kräftige Portion des gleichnamigen Muskels entsprechend ihrer Zugrichtung den Knochen nach innen. Der schräge Verlauf dieser, dem besagten Muskel als Ansatz dienenden Knochenleiste — im Bereich des zweiten Prämolaren liegt sie etwa in der Hälfte des Kieferknochens und steigt nach dorsal bis zum obersten Rande des Alveolarfortsatzes an — macht die unterschiedliche Verwindung zwischen Prämolaren und Molaren verständlich. Bei der maximalen Vorschubbewegung wird der Basalbogen als Ganzes komprimiert, was die größeren Werte erklärt. Neben der Abhängigkeit des Ausmaßes der Bewegungen von der Funktionstüchtigkeit des Gebisses zeigte sich naturgemäß auch eine solche von der Ausbildung bzw. Kraft der Muskulatur. Weitere Untersuchungen ergaben interessante Einzelheiten. So stellte JUNG fest, daß das jugendliche Gebiß eine verhältnismäßig kleine elastische Deformationsfähigkeit aufweist. Diese Erscheinung wurde von GETTMANN näher untersucht und durch Messungen an der kindlichen Mandibula bestätigt. Ferner ergab sich ein deutlicher Einfluß der Stellung des unteren Weisheitszahnes auf die physiologische Deformierbarkeit des Kieferknochens. Lingual verlagerte dritte Molaren hemmen nämlich die elastische Deformierung nur bei der Bißöffnung, beim Vorschub dagegen nicht. Bukkal liegende Molaren schränken diese insgesamt ein. Ebenso wurde eine Reduzierung um etwa $\frac{1}{3}$ der Größe der normalen elastischen Deformierung der Mandibula durch

retinierte oder verlagerte Eckzähne oder Prämolaren festgestellt. Weiter ergaben Versteifungen der unteren Seitenzahnreihen durch Brücken, Stege oder Schienen eine erhebliche Störung des normalen Ablaufes der Deformierungen, da hierdurch die Einwärtskipfung der Molaren vermindert und die der Prämolaren verstärkt wird, was eine größere paradentale Belastung für letztere darstellt. Ein Umstand, der bei der Indikation und Konstruktion von Brücken von Bedeutung ist. Eine Reihe von weiteren Untersuchungen, die z. T. von Schülern von JUNG durchgeführt wurden, brachte Aufschluß über einige funktionelle Besonderheiten in Abhängigkeit von der elastischen Deformierung der Skeletteile des Gebißsystems. So wurden von JOB eingehende Untersuchungen über das elastische Verhalten der Skeletteile des Gebißsystems bei der mastikatorischen Funktion durchgeführt. Schon lange war von klinischen Beobachtungen und Prüfungen mittels der sogenannten Fingerprobe her bekannt, daß die Zahnreihen sich beim Zubeiß bewegten, was bisher ausschließlich auf die Eigenbeweglichkeit der Zähne in den Alveolen zurückgeführt worden war. Bei den diesbezüglich durchgeführten Messungen zeigte es sich nun, daß beim kraftvollen Kieferschluß die unteren Zahnbögen sich durchschnittlich um 0,4 mm im distalen Bereich und um 0,2 mm im mesialen verschmälerten. Bei den oberen betrugen die Werte distal 0,1 mm und mesial 0,2 mm. Sie waren also oben anterior größer als posterior, wobei die Frontzähne nach vorn auswichen. Von besonderem Einfluß zeigten sich Art und Tiefe des Frontzahnüberbisses. Bei tiefem, sperrendem Schneidezahnüberbiß war die Deformierung des Stützgerüsts stets verkleinert. Bei tiefem Schneidezahnüberbiß mit Stufe, welche Seitwärtsbewegungen erlaubte, sind die Verhältnisse dagegen normal. Beim Deckbiß wird das Kiefergerüst hochgradig elastisch beansprucht.

SAALFRANK berichtet in seiner Arbeit „Über die Elastizität des Kieferknochens in Abhängigkeit von dem Funktionszustand des Gebißsystems“ über die zu diesem Thema angestellten Versuche und Ergebnisse.

Alle diese Arbeiten bestätigen und untermauern die Tatsache der durch die Funktion des Kauorgans bedingten elastischen Deformierung der Skeletteile des Gebißsystems und

geben Aufschluß über ihr Ausmaß und ihre Bedeutung für Prothetik und Kieferorthopädie.

2. Die Zahnverdrängung durch prothetische und kieferorthopädische Platten bzw. Apparate.

Der jedem Zahnarzt bekannten Beobachtung, daß partielle Ersatzstücke, die sich zunächst nur mit gewisser Mühe in das natürliche Restgebiß haben einfügen lassen, nach kurzer Funktionszeit aber schon verhältnismäßig locker sitzen, liegt die Tatsache zu Grunde, daß die natürlichen Zähne den streng und straff anliegenden starren Plattenrändern ausgewichen und die Platten selbst etwas abgesunken sind, sofern diese keine Abstützung hatten. Die zu dieser Erscheinung führenden Kräfte und Vorgänge sind das Fundament einer eigenen Disziplin innerhalb der Zahnheilkunde, der Orthopädie. Zur Deutung dieser zunächst allgemein als Zahnverdrängung aufgefaßten Erscheinung, die sowohl die Möglichkeit einer Kippung als auch die einer Verschiebung beinhaltet, war jahrzehntelange Forschungsarbeit erforderlich, wobei die verschiedensten Theorien aufgestellt wurden. Voraussetzung dafür war die genaue Kenntnis der Befestigung des Zahnes im Kiefer, des sogenannten Zahnhalteapparates, seiner Anatomie und Physiologie.

Klinische und mikroskopische Befunde haben die frühere Auffassung, daß es sich bei der Zahn-Kieferverbindung um eine „Gomphosis“, d. h. eine Einkeilung, handelt, längst widerlegt und als ungültig erkannt. Die heute allgemein gültige Lehre bezeichnet die Verbindung als „Syndesmose“, also als eine bandhafte Fuge, womit auch die Möglichkeit zu einer geringen Eigenbeweglichkeit der Zähne gegeben ist. Dabei spielen sowohl Anordnung als auch Eigenschaften der die Wurzelhaut bildenden kollagenen Fasern, wie insbesondere auch die Breite des Periodontalspaltes für Art und Größe der Zahnbeweglichkeit in der Alveole eine ausschlaggebende Rolle.

Die Zahl der Forscher, die sich um die Aufklärung dieses Fragenkomplexes bemüht hat und noch bemüht, ist Legion. Dementsprechend sind auch die zur Lösung dieser Fragen aufgestellten Theorien und die dabei geprägten Begriffe zahllos.

Alle Ergebnisse der Forschung in neuerer Zeit basieren auf der Anschauung von WESKI, der Zement, Periodontium, Alveole und Zahnfleischsaum zum Gewebekomplex „Paradentium“ zusammenfaßt. Die Gesamtheit dieser Gewebe ist als reif gewordenes Zahnsäckchen zu betrachten und stellt im genetischen Sinne eine Einheit dar. Funktionell ist das Paradentium der Halteapparat des Zahnes. Die Wurzelhaut, das Periodontium, ist der sehnige Bandapparat, welcher den Zahn mit der inneren Alveolenlamelle verbindet. Seine kollagenen Fasern verlaufen nicht wahllos, sondern sind entsprechend ihrer Beanspruchung nach einem bestimmten System angeordnet. Sie verlaufen im koronalen Teil horizontal, sind dann etwa bis zur Wurzelspitze vertikal geneigt, während sie am Apex schräg abwärts gerichtet sind. Zwischen diesen alveolo-dentalen Faserbündeln befinden sich größere und kleinere faserfreie Räume, in denen Gefäße und Nerven verlaufen und die mit Gewebsflüssigkeit angefüllt sind. Die Gefäße verlaufen stark verschlungen und bilden nach WEDL „Knäuel“. Das Gesamtsystem von Faserbündeln, Lymphspalten und Gefäßen stellt nach WESKI funktionell eine hydraulische Bremse dar, die Belastungen des Zahnes auffängt, dämpft und kompensiert. Soweit zu den Grundtatsachen über das Paradentium, in dem sich die zur Betrachtung stehenden Vorgänge abspielen.

Ebenfalls WESKI deutete den Zahn samt seiner näheren Umgebung als funktionelle Einheit, nämlich als „Organon dentale“, mit den Eigenschaften eines schwingenden Systems, in dem sich die Zähne in „habituellen Kurven“ bewegen sollen.

Die richtige Beurteilung und das Verständnis der in der Funktion auftretenden Zahnbewegungen setzt alsdann die Kenntnis der ihnen zu Grunde liegenden physikalischen Kräfte und Mechanismen voraus.

So gilt die wichtige Frage nach dem Drehpunkt bzw. der Drehachse bei der Zahnkipfung in der Alveole, die man teils an der Wurzelspitze, teils am marginalen Alveolenrand, der sogenannten Einspannstelle, suchte, heute als dahingehend abgeklärt, daß sie sich etwa in der Hälfte der klinischen Wurzel befindet.

Grundlegende Versuche hierzu wurden von OPPENHEIM angestellt (zitiert nach A. M. Schwarz).

In neuerer Zeit hat MÜHLMANN die Lage der Drehachse in der Frontregion durch Messen der Beweglichkeit der Zähne in vestibulo-lingualer Richtung mittels eines Meßgerätes untersucht. Er kommt zu dem Schluß, daß man ein „physiologisches Rotationszentrum“, um das sich die Wurzel beim Kauen bewegt, von einem „orthodontischen“, um welches sich der Zahn unter Einwirkung von orthodontischen Apparaten bewegt, trennen müsse. Ferner beschreibt er noch ein „konstruiertes Rotationszentrum“, das er anhand seiner Messungen aus der verschiedenen Bewegung mehrerer Punkte der Zahnkrone errechnet. Nach seinen Untersuchungen variiert die Lage des Rotationszentrums mit der Richtung und Größe der Kraft, liegt also nicht an einem bestimmten Punkt.

Über die Breite des Periodontalspaltes gilt heute die Ansicht, daß er nicht in gleicher Breite die Wurzel umgibt, sondern etwa in der Mitte der klinischen Wurzel — entsprechend der Lage des Drehzentrums — am engsten ist, sich nach apikal wie koronal verbreitert. Die bekannte Größe von 0,25 mm für die Periodontalspaltbreite gilt nur für den marginalen Bereich, normale paradentale Verhältnisse vorausgesetzt. Daraus erhellt, daß es unsinnig ist, den Alveolenrand als Einspannstelle zu bezeichnen. Eingehende Untersuchungen über die Periodontalspaltbreite wurden von KLEIN, GOTTLIEB, PREISSECKER, COOLIDGE, JOZAT und anderen angestellt (zitiert nach REICHBORN-KJENNERUD).

Welche Rolle einer evtl. Dehnung der Periodontalfasern bei der Beweglichkeit des Zahnes in der Alveole zukommt, konnte bis heute noch nicht eindeutig beantwortet werden. HÄUPL und HÄUPL-LANG, die die physikalischen Eigenschaften der paradentalen Gewebe ausführlich untersucht haben, schreiben: „Die Wurzelhautbänder, die aus kollagenen Faserbündeln bestehen, sind nur in geringem Maße dehnbar und besitzen nur die Hälfte der Zugfestigkeit des Knochengewebes. Ein kollagenes Faserbündel von 1 qmm Querschnitt und 1 mm Länge verlängert sich bei einer Belastung von 1 kg um 0,01 mm. Die Faserbündel der Wurzelhaut sind 0,004 bis 0,01 mm dick und 0,18 bis 0,25 mm lang.

Wenn man nun den Flächeninhalt einer 25 mm langen Eckzahnwurzel mit ungefähr 300 qmm und die Gesamtheit der von den Faserbündeln besetzten Fläche mit 200 qmm annehmen darf, so können wir die Fasern der Wurzelhaut als ein Band von ungefähr diesem Querschnitt auffassen. Dieses würde bei einer Belastung von 100 kg um 0,001 mm gedehnt, ein Wert, den wir praktisch vernachlässigen können". Abgesehen davon, daß dieser Schluß nicht ganz richtig ist, denn bei einer Bewegung des Zahnes in der Alveole wird ja nicht die Gesamtheit der Wurzelhautfasern auf Zug beansprucht, weshalb ihr theoretischer Querschnitt also auch erheblich kleiner sein muß, ist sich doch die Mehrzahl der Autoren darin einig, daß die Dehnbarkeit der Fasern bei dem Vorgang von untergeordneter Bedeutung ist, also unberücksichtigt bleiben kann. Die Bewegungen des Zahnes in der Alveole unter normalen funktionellen Belastungen werden heute fast ausschließlich auf eine durch die auftretenden Kräfte ausgelöste Veränderung der Anordnung der Periodontalfasern zurückgeführt.

So erklärt MÜHLEMANN die Vorgänge bei der Zahnbeweglichkeit in der von ihm abgegrenzten „initialen Phase“, bei der Kräfte von 80 bis 120 g auf den Zahn wirken, mit „der noch spannungsfreien Streckung der in der Wurzelruhelage ungeordneten Periodontalfasern“. Bei seinen Untersuchungen konnte er feststellen, daß die horizontale Zahnbeweglichkeit bei dem in voller Funktion stehenden Zahn ob der straff gebündelten Periodontalfasern kleiner ist, als beim funktionslosen Zahn oder beim Kind. Bereits in der sogenannten „intermediären Phase“, also in einem Belastungsbereich von 100 bis 1500 g, kommt es nach MÜHLEMANN zu einer elastischen Deformation des gesamten Periodonts einschl. des perialveolären Knochensystems, also der Alveole. Und in der „terminalen Phase“, wo eine Zahnbewegung durch Belastung mit Maximalkräften von 1500 bis 2000 g ausgelöst wird, tritt bereits eine elastische Durchbiegung des ganzen Alveolarfortsatzes ein.

ESCHLER nimmt in seiner „Funktionellen Orthopädie des Kausystems“ Stellung zu der in Fachkreisen noch allgemein üblichen Meinung, daß die von WEDL und SCHWEITZER gefundenen Gefäßknäuel in der Wurzelhaut eine Polsterfunktion besitzen und gleich einer hydraulischen Bremse wirken sollen. Er meint, daß die sogenannten „Knäuel“ nur

enge Schlingen wären und als arterio-venöse Anastomosen aufzufassen sind. Ihre Funktion sei nur die der Ernährung. Zur Begründung führt er an: „Würde der axiale Kaudruck mit einer Größe von 10 bis 40 kg sich als Druck auf diese Knäuel auswirken, so könnte der geringe Blutdruck von 6 mm/Hg in den Präkapillaren und Kapillaren kaum einen Widerstand leisten oder den Kaudruck abbremsen. Es müßte bei voller Druckauswirkung zum Zerreißen der dünnen Gefäßwände kommen. Die Auffassung, die Schlangenburgbildung sei funktionell-mechanische Leistung, nämlich Widerstandsleistung gegen den einwirkenden insbesondere axialen Kaudruck in Form einer hydraulischen Bremse, ist demnach abzulehnen“.

ZAK konnte durch seine an einem Ziegenkiefer angestellten Versuche wesentlich zur Aufklärung von Wesen und Dauer der elastischen Nachdehnung und ihrer Abhängigkeit von Zeit und Größe der Krafteinwirkung beitragen.

Beachtung verdienen die Versuche von ZWIRNER speziell im Hinblick auf die von ihm angewandte Meßmethodik, wobei er die durch Druck ausgelösten Zahnbewegungen mittels Metallplättchen, die als Kondensator wirken, als Kapazitätsänderungen in einem Oszillographen sichtbar machte und registrierte. Ein Ausbau dieser Methode, die wegen der Umstände und des großen Aufwandes bisher nur im Tierversuch anwendbar war, wäre sehr vielversprechend.

Die außerordentliche Vielfalt der teils physikalischen und teils biologischen Faktoren, die für Art und Ausmaß der Mobilität der Zähne von Bedeutung ist und die Schwierigkeit, sie abzugrenzen und exakt zu registrieren, hat es bis heute noch nicht ermöglicht, einheitliche Deutungen und Werte zu finden. Das Kriterium liegt dabei in dem Problem, die reine Bewegung des Zahnes in der Alveole von dem Punkt zu trennen, wo die Alveole bzw. sogar der ganze Alveolarfortsatz mitbewegt wird. So schreibt REICH-BORN-KJENNERUD, ein guter Kenner der Materie: „Es besteht jedoch heute darüber keine Einigkeit, wieviel ein Zahn unter physiologischen Verhältnissen in verschiedenen Richtungen bewegt werden kann“.

Das Endziel all dieser Untersuchungen ist der Wunsch, anhand der Zahnbeweglichkeit sich ein Bild von dem funktionellen Zustand des Parodontiums machen und daraus dia-

agnostisch-prognostische Rückschlüsse ziehen zu können. Wenn es auch fraglich ist, einen errechneten Mittelwert als Maß für die physiologische Zahnbeweglichkeit zu benutzen, so lassen sich doch unter Berücksichtigung von Konstitution, Reaktionslage, Funktionszustand usw. brauchbare Folgerungen für die Therapie ziehen.

MÜHLEMANN gelang es, mittels einer von ihm entwickelten Meßmethode, der sogen. Periodontometrie, bei der er den labialen und palatinalen Ausschlag einer dosiert belasteten Zahnkrone mit einer an der Zahnreihe verankerten Meßuhr registrierte, neben der Abhängigkeit der Zahnbeweglichkeit von Alter, Funktion und Gebißzustand auch die unterschiedliche Wirksamkeit der verschiedenen orthodontischen Geräte nachzuweisen. Ferner konnte er feststellen, daß die Zahnbeweglichkeit innerhalb einer 24-Stunden-Periode einer rhythmischen Schwankung unterworfen ist. Die Tatsache, daß „die Zähne beim Menschen am Morgen beweglicher als am Abend sind“, erklärt er mit hormonalen Verschiebungen. Auch einen Unterschied entsprechend der Geschlechter glaubt er feststellen zu können.

Weitere Untersuchungen über die Beweglichkeit der Zähne wurden mit der Mühlemann'schen Methode in teilweise abgeänderter Form an der Mainzer Klinik durchgeführt.

So untersuchte SCHUSTER die physiologische und pathologische Beweglichkeit der unteren Frontzähne in und mit den Alveolen und SIEGLAFF die physiologische und pathologische Beweglichkeit der oberen Seitenzähne in anomalen Gebißsystemen. BREDAU führte Messungen der physiologischen Zahnbeweglichkeit der oberen Seitenzähne unter Berücksichtigung der elastischen Deformierbarkeit der oberen seitlichen Alveolarfortsätze im gesunden Gebiß durch. Dabei ergab sich, daß bei den oberen Molaren und unteren Frontzähnen die palatinale bzw. linguale Zahnbeweglichkeit erheblich kleiner als die bukkale bzw. labiale ist. Ferner konnte festgestellt werden, daß bei starker Belastung der ersten oberen Molaren auch bei fehlenden Kontaktpunkten sogar noch die Eckzähne in der gleichen Richtung gehen. Ebenso bewegen sich in der unteren Frontzahnreihe die Nachbarzähne in der gleichen Richtung mit wie die belasteten Zähne. In der oberen Frontzahnreihe dagegen kippt bei Belastung eines mittleren Schneidezahnes von pa-

latinal her der Eckzahn der gleichen Seite nicht auch nach labial, sondern gegenläufig nach palatinal. FRANK untersuchte in seiner Arbeit über klinische Reaktionen beim Tragen einer Gaumenplatte aus schnellhärtendem Kunststoff u. a. die Frage, ob eine gingival getragene Prothese mit einer kieferorthopädischen Platte verglichen werden kann. Dabei fand er mittels eines Spezialmeßgerätes, daß sich nach einer achttägigen Tragezeit der Platte in 95 % der von ihm untersuchten Fälle eine Bukkalkippung der Seitenzähne um 0,01 bis 0,04 mm ergeben hatte.

Die Klärung der besonders für die Kieferorthopädie wichtigen Frage nach Art und Umfang des durch eine Zahnverdrängung ausgelösten Gewebsumbaues nimmt einen großen Teil der zahnärztlichen Literatur ein und hat zu teils recht heftigen Fehden geführt. Es übersteigt Ziel und Rahmen dieser Abhandlung, auf die einzelnen Anschauungen und ihre Unterschiede näher einzugehen. Nur in groben Umrissen sei erwähnt, daß sich hier zwei Schulen gegenüberstehen, und zwar die von HÄUPL und seinen Schülern und die von A. M. SCHWARZ.

Die Ansichten von SCHWARZ und seiner Schule, die von GOTTLIEB und ORBAN durch ausgedehnte histologische Untersuchungen untermauert sind, basieren auf der von FLOURENS aufgestellten „Drucktheorie“, nach der Zug zu Gewebsanbau und Druck zu Gewebsabbau führt. Auf die Zahnverdrängung übertragen heißt dies, daß es an der der Zugeinwirkung der Periodontalfasern ausgesetzten Zahnfachwand zum Knochenanbau, also zu einer osteoblastischen Tätigkeit, und an der der Druckeinwirkung ausgesetzten zum Knochenabbau, also zu einer Osteoklastenentwicklung kommt. SCHWARZ gibt dabei den kapillaren Blutdruck als biologisches Kräftemaß an, bis zu dem die Vorgänge physiologisch verlaufen.

Dagegen setzt HÄUPL seine Theorie, daß die Ursache des Umbaues funktionelle Reize sind, die in Erschütterungen des Gewebes bestehen und zunächst zu Gewebsneubildung und Knochenanbau und erst dann zum Knochenabbau führen. Zum Beweis dieser Theorie, auf der die von HÄUPL begründete Funktions-Kieferorthopädie beruht, haben HÄUPL und HÄUPL-PSCHANSKY sehr ausgiebige und aufschlußreiche histologische Untersuchungen durchgeführt.

ESCHLER, ein Schüler Häupls, der die physiologische Abhängigkeit der parodontalen Gewebsstruktur von den funktionell-mechanischen Einflüssen untersuchte, konnte nachweisen, daß das Parodontium nicht schon embryonal angelegt ist, sondern erst unter dem Einfluß funktioneller Reize entsteht.

WALKHOFF vertritt in seiner „Spannungstheorie“ die Auffassung, daß die Stellungsveränderung der Zähne zunächst durch eine Verbiegung bzw. Deformation des Knochengerüsts zustande kommt, und daß erst in der Retentionsperiode die endgültige Knochenstruktur entsteht und zwar entsprechend dem WOLFF'schen Transformationsgesetz.

Auf nähere Einzelheiten zu diesen Fragen komme ich später an gegebener Stelle zurück, soweit sich Berührungspunkte zu dem von mir untersuchten Sachgebiet ergeben.

III.

Untersuchungen über die Auswirkung der elastischen Deformierung der Mandibula auf die Stellung der unteren Seitenzähne beim Tragen von einfachen, lingualen Unterkieferplatten

1. Untersuchungsmethodik

a) Die Platten

Die Mehrzahl der bei den Untersuchungen verwendeten Platten bestand aus autopolymerisierendem Kunststoff („Palavit“ der Fa. Kulzer). Lediglich drei der Versuchsplatten waren aus Gründen, auf die ich noch später zurückkommen werde, aus einer mundbeständigen Chrom-Cobalt-Molybdän-Legierung („Wisil“ der Fa. Krupp) gegossen, wobei jeweils die zuerst in Kunststoff hergestellte und auch getragene Platte als Gußmodell diente.

Die Versuchsplatten entsprachen in Form und Ausdehnung den in der Kieferorthopädie gebräuchlichen aktiven Unterkiefer-Dehnplatten nach A. M. Schwarz, doch besaßen sie weder Schrauben noch irgendwelche Befestigungselemente wie Zug- oder Pfeilklemmern. (Abbildung 1)



Abbildung 1

Die Versuchsplatte aus autopolymerisierendem Kunststoff auf dem Gipsmodell.

Die Platten erstreckten sich von dem Interdentalraum zwischen dem 2. und 3. Molaren der einen Kieferseite bis zu demselben der anderen, erfaßten also noch die 2. Molaren, während die Weisheitszähne frei blieben. Die Anlagerung an die lingualen Flächen der Zähne wurde genau bis zur Höhe der Führungslinie (sog. „Äquator“) geführt. Im Frontzahn-bereich entsprach dies der stärksten Auswölbung am Tuberculum coronae dentis des jeweiligen Zahnes. Die mund-bodenwärtige Begrenzung wurde gemäß den durch den anatomischen Abdruck gegebenen Schleimhautverhältnissen unter Anlehnung an die bei der Herstellung unterer Zahnprothesen üblichen Ausdehnungen gestaltet.

Die Abdrucknahme erfolgte mit einem elastischen Abdruckmaterial auf Alginatebasis („Imprex“ der Fa. Espe) unter den üblichen Bedingungen, nachdem zuvor eine sorgfältige Reinigung der lingualen Zahnflächen und Interdentalräume von Zahnstein und Belägen vorgenommen worden war, um eine ganz scharfe Wiedergabe gerade dieser Partien zu erreichen. Besondere Aufmerksamkeit wurde bei der Abdrucknahme darauf verwandt, daß sie nicht bei weit geöffnetem, sondern bei möglichst geschlossenem Munde und entspannter Muskulatur erfolgte; ein Umstand, auf dessen maßgebliche Bedeutung ich an späterer Stelle im Zusammenhang eingehen werde.

Bei der Modellherstellung, die stets unmittelbar nach der Abdrucknahme mit nach Vorschrift angerührtem Hartgips („Moldano“ der Fa. Bayer) vorgenommen wurde, kamen nur solche Abdrücke zur Anwendung, bei denen die lingualen Zahn- und Kieferpartien wiedergebende Abdruckmasse durch den Löffelrand voll abgestützt war, womit eine Verbiegung dieser Teile bei der Modellherstellung ausgeschlossen wurde, das Modell also nach den geltenden Anschauungen als naturgetreu zu bezeichnen war.

Die Platten wurden jeweils noch am gleichen Tage direkt auf dem Gipsmodell nach sorgfältiger Entfernung eventueller bei der Abdrucknahme entstandener Bläschen, jedoch ohne jede sonstige Radierung, hergestellt. Um eine möglichst genaue Wiedergabe der gewünschten Plattenbegrenzung zu erhalten, wurden entlang der mit einem spitzen Blei vorgezeichneten Begrenzungslinie kleine Wachswälle auf das Modell aufgetragen. In die so entstandene Form wurde nach hauchdünner Isolierung mit einem der üblichen

Kunststoff-Isoliermittel der nach der Firmenanweisung angerührte Kunststoff in zähflüssiger Konsistenz eingebracht und die Oberfläche, d. h. die zur Zunge gerichtete Seite der Platte modelliert und geglättet. Dabei war ich bestrebt, diesen Arbeitsgang mit einmaligem Anrühren zu bewältigen, um evtl. Spannungen zu vermeiden, die durch die bei einem mehrmaligen Aufbringen von Autopolymerisat auftretende ungleichmäßige Wärmebildung entstehen können. Zur Gewährleistung einer absolut vollkommenen Selbstpolymerisation, die nicht nur im Hinblick auf evtl. noch ungebundenes, die Schleimhaut reizendes Monomer, sondern vor allem wegen der elastischen Eigenschaften der Platte von Bedeutung ist, wurde jede Platte noch auf dem Modell sitzend nach der ersten Erhärtung mindestens 24 Stunden lang bei einer Temperatur von 35 bis 38 Grad Celsius aufbewahrt. Erst dann wurde sie vorsichtig vom Modell entfernt, wobei dieses, um ein Verbiegen oder einen Bruch der Platte zu vermeiden, von hinten her angesägt und dann in zwei Hälften nach vorn von der Platte weggebrochen wurde. Die entlang der Begrenzung vorhandenen Grate wurden bei sorgfältigster Handhaltung mit einer Fräse unter Vermeidung jeder Wärmebildung entfernt und die mundwärtige Seite durch schmirgeln leicht geglättet. Auf eine Politur wurde mit Rücksicht auf die dabei selbst bei ausreichender Naßhaltung auftretenden lokalen Erhitzungen und ihre möglichen Folgen verzichtet. Die so gewonnenen modellgetreuen Platten zeigten infolge ihrer Spangenform bei horizontaler Belastung ihrer distalen Enden eine mehr oder weniger große Elastizität. Um nun eine absolut starre, normalen Kräften gegenüber unelastische Platte zu erhalten, die Gründe hierfür führe ich später an, stellte ich mir von drei Kunststoffplatten ausgesuchter Fälle, die keine oder nur geringfügige unter sich gehende Stellen aufwiesen, auf dem Gußwege absolut naturgetreue Metall-Duplikate her. Ich benutzte dabei, wie kurz angedeutet, das Kunststoff-Original als Gußmodell anstelle des sonst üblichen Wachsmodelles, versah es mit Gußstiften und goß die nach dem rückstandslosen Ausbrennen entstandene Hohlform mit der Chrom-Cobalt-Molybdän-Legierung aus. Auch diese Platten können entsprechend dem hohen Stande, den diese Disziplin der zahnärztlichen Technik in Bezug auf Maßtreue erreicht hat, als durchaus naturgetreu bezeichnet werden. Der Erzielung

dieser für die Untersuchungen wichtigen Voraussetzung wurde bei der Plattenherstellung in allen Phasen größte Aufmerksamkeit gewidmet. Mehrmals durchgeführte Kontrollmessungen mittels eines Stechzirkels mit feinsten Nadelspitzen ergaben keine Unterschiede zwischen den rohen, noch auf dem Modell sitzenden, und den fertigen Platten, so daß diese Bedingung als erfüllt angesehen werden darf.

Funktionell gesehen können daher diese Platten, sieht man zunächst von ihrem Eigengewicht, das naturgemäß bei den Metallplatten ganz beträchtlich ist, und der geringen Elastizität oder besser Federung der Kunststoffplatten in ihren distalen Flügeln ab, als absolut passive Platten gelten, die in allen Punkten dem Kiefer und den Zähnen satt und drucklos anliegen. Die den Zähnen lingual bis zur Hälfte der klinischen Krone anliegenden „Berührungsflächen“ können dabei nach funktionskieferorthopädischer Anschauung unter speziellen funktionellen Bedingungen als „Führungsflächen“ zu „Belastungsflächen“, also zum Anlaß für Zahnbewegungen werden.

b) Das Meßgerät

Zur Lösung der gestellten Aufgabe, die beim Tragen der Platte evtl. auftretenden Änderungen der Zahnstellung als Distanzveränderung zweier gegenüberliegender Zähne gleicher Art festzustellen, zeigte sich ein ähnliches Meßgerät als brauchbar, wie es J U N G und seine Schüler bei ihren Untersuchungen angewendet hatten. Es handelt sich dabei um einen Innentaster mit Meßuhr (System Kröplin), der sich als „Schnelltaster“ bei einem Meßbereich von 0 bis 5 mm mittels schnell auswechselbarer Meßspitzen zur Messung verschieden großer Distanzen besonders gut eignet. Das Gerät besteht aus einer Meßuhr mit zwei herausragenden, die Meßspitzen tragenden Tastarmen. Der eine Arm ist fest mit dem Uhrgehäuse verbunden, während der andere beweglich in ihm gelagert ist und seine den Distanzveränderungen entsprechenden Bewegungen auf einen Zeiger überträgt. Eine Zeigerumdrehung entspricht einer Distanz von 5 mm, die kleinste Stricheinheit der Skala einer solchen von 0,025 mm. Da die Stricheinteilung verhältnismäßig groß und sehr klar ist, lassen sich bei einiger Übung und Sorgfalt und unter Ausschaltung des parallaktischen Fehlers durch exaktes senkrecht Anvisieren ohne weiteres auch

Differenzen von 0,01 mm mit hinreichender Genauigkeit ablesen. Die Meßtoleranz des Gerätes beträgt $\pm 0,01$ mm.

c) Die Meßtechnik und ihre kritische Bewertung

Da die elastische Deformierung der Mandibula sich nach den bisherigen Erkenntnissen im Seitenzahnbereich am stärksten gezeigt hatte, konnten gerade bei dieser Zahngruppe auch am ehesten meßbare Veränderungen erwartet werden. Ich stellte daher meine Messungen jeweils an den zweiten Prämolaren und zweiten Molaren an, die ich als ausreichend für die Beurteilung der ganzen Molarengruppe erachtete. Die Weisheitszähne kamen ob der Unregelmäßigkeit ihres Vorhandenseins und ihrer Lage nicht in Betracht. Die Messung selbst erfolgte an der aufrecht sitzenden Versuchsperson in einer zwanglosen und entspannten Kopfhaltung, wie sie etwa bei der Bißnahme üblich ist.

Um nun die einzelnen Messungen miteinander vergleichen zu können, war es unbedingte Voraussetzung, an den zu messenden Zähnen fixe Meßpunkte zu finden. Da zur Schaffung dieser Punkte, die in kleinen Vertiefungen für die Aufnahme der Meßspitzen des Gerätes bestehen mußten, die natürlichen Zähne der Probanden nicht angebohrt werden konnten, wurden die für die Messungen vorgesehenen Zähne mit Kappen aus Kunststoff versehen, in denen die entsprechenden Vertiefungen leicht anzubringen waren. Diese Methode geht auf JUNG zurück, der bei seinen Messungen gegossene Metallkappen verwendete, die er auf dem Zahn festzementierte. FRANK, der in seiner Arbeit auch die dabei auftretenden Zahnstellungsveränderungen untersuchte, bediente sich bei seinen Messungen ebensolcher Meßkappen, die er jedoch aus Kunststoff fertigte. Die Kappen umfaßten die Krone des zu messenden Zahnes palatinal bzw. lingual, okklusal und bukkal, ließen aber die approximalen Partien frei, sodaß jede Berührung und evtl. Beeinflussung des Nachbarzahnes ausgeschlossen wurde. Ihre Herstellung erfolgte auf einem Zweitmodell. Die Elastizität des Kunststoffes ließ es zu, dabei auch unter sich gehende Stellen der Zahnkrone zu erfassen, wodurch die Kappen beim Aufsetzen auf den Zahn wie eine Klammer einschnappten und unverrückbar fest saßen. Geführt wurden sie dabei durch die Fissuren und Leisten des Kronenreliefs, was einen stets gleichen Sitz ergab.

Nachdem die Meßkappen jeweils auf die zwei gegenüberliegenden zweiten Prämolaren bzw. zweiten Molaren aufgesetzt worden waren, wurden die Tastarme des Meßgerätes in die mäßig weit geöffnete Mundhöhle eingeführt und ihre Meßspitzen in die sich mundwärts befindlichen Vertiefungen der Kappen eingerastet. Der Proband wurde nun angehalten, den Mund ganz sanft und völlig kraftlos soweit zu schließen, bis er mit seinen oberen Schneidezähnen die Tastarme gerade berührte. Gemäß der Tastarmstärke von 5 mm konnten somit alle Messungen bei einem gleichen Schneidezahnkantenabstand von 5 mm durchgeführt werden. In dieser Stellung, die nicht wesentlich von der physiologischen Ruhelage der Kiefer verschieden ist, in der sich die gesamte Muskulatur des Kauorgans in einem ausgeglichenen Entspannungszustand — quasi in Gleichgewichtslage — befindet, wirken keinerlei deformierende Kräfte auf die Mandibula ein, sodaß diese dabei im Hinblick auf ihr Deformationsvermögen auch in „Ruhelage“ steht. Die in diesem Zustand ermittelten Meßwerte können daher auch als „Ruhewerte“ gelten, also auch miteinander verglichen werden.

Daß bei mechanischen Messungen biologischer Gewebe bzw. ganzer Systeme, die sich ja infolge ihrer ständig wechselnden physiologischen Abhängigkeit von Ernährungslage, Kreislaufverhältnissen, Innervation und hormonalen Veränderungen nie in einem Zustand der Ruhe, also der Gleichheit, befinden, nur sehr schwer vergleichbare und überhaupt keine absoluten Werte ermittelt werden können, dürfte jedem und besonders dem klar sein, der auf diesem Gebiete schon gearbeitet hat. Um solchen Messungen aber den Wert gültiger und brauchbarer Mittelwerte geben zu können, muß jede nur denkbare Fehlerquelle ausgeschaltet oder, wo das aus verfahrenstechnischen Gründen nicht möglich ist, mit einkalkuliert werden.

Zu einigen Problemen, die für die Genauigkeit und damit Brauchbarkeit der Meßergebnisse von Bedeutung waren, möchte ich noch kurz Stellung nehmen. Hierbei möchte ich auch noch darauf hinweisen, daß ich mich erst, nachdem ich anhand zahlreicher Probemessungen zu der Überzeugung gelangt war, auch wirklich allen Möglichkeiten einer Beeinflussung der Meßwerte Rechnung getragen zu haben,

an die Durchführung der eigentlichen Meßuntersuchungen begab.

Daß durch entsprechende Körper-, Kopf- und Kieferhaltung die einzelnen Messungen stets in der gleichen Stellung erfolgten, habe ich bereits erwähnt. Dabei wurden die Probanden noch angewiesen, ihre Zunge von den Tastarmen des Gerätes fern und völlig entspannt zu halten, was in der Ruhelage ja schon an sich der Fall, also leicht zu erreichen war. Ich selbst bemühte mich, durch ganz feinfühliges Anheben der Meßuhr ihr Eigengewicht soweit auszuschalten, daß die Tastarme die unteren Schneidezahnkanten gerade eben berührten, aber keinen Druck auf sie ausübten. Damit wurde jede Hebelbildung mit dem Drehpunkt bzw. Hypomochlion an den Schneidezahnkanten vermieden und somit auch eine evtl. reaktive Muskelanspannung.

Besondere Aufmerksamkeit galt der Frage, in wieweit können die mit den Meßkappen jedesmal neu eingebrachten Meßpunkte, die in Wirklichkeit ja in kleinen Vertiefungen für die Meßspitzen bestanden, als wirklich fix gelten. Dies wäre, wie bereits angedeutet, der Fall gewesen, hätte ich sie direkt im natürlichen Zahn anbringen können. Um nun die Genauigkeit der Meßmethode mittels der Kappen mit einem solchen Idealfall vergleichen zu können, ließ ich mir in die lingualen Flächen der mesio-lingualen Höcker der beiden zweiten unteren Molaren den Meßstiften entsprechende Vertiefungen einbohren. Bei einer Reihe von Vergleichsmessungen, bei denen die direkt an den Zähnen gemessenen Distanzwerte mit den sofort danach mit Hilfe der Kappen gemessenen verglichen wurden, ergab sich eine Differenz von 0,01 mm; ein Wert, der nicht unbedingt auf einem Unterschied der beiden Methoden zu beruhen braucht, da er etwa der Meßtoleranz des Gerätes entspricht. Um eine stets wirklich gleiche Reposition der Kappen zu gewährleisten, wurden sie vor dem ersten Einsetzen innen mit dünn angerührtem Autopolymerisat ausgestrichen und dann sofort auf den trockenen Zahn gesetzt. Damit wurde eine absolut genaue Wiedergabe des Zahnreliefs erzielt und evtl. bei der Anfertigung aufgetretene Unebenheiten ausgeglichen. Der so erreichte Sitz der Kappen war absolut fest und konstant.

Eine ganz sichere und genaue Führung der Meßspitzen in den Kappenvertiefungen erreichte ich dadurch, daß ich die fertigen Kappen wieder auf das Modell zurückbrachte, die



Abbildung 2

Das Meßgerät in die dem Gipsmodell aufgesetzten Meßkappen aus Kunststoff eingerastet.

eingebohrten Löcher mit Kunststoff beschickte und das Meßgerät einsetzte, das nun auf dem Gipsmodell ebenso lag, wie bei den späteren Messungen im Mund. Dadurch erhielt ich eine unbedingt genaue Vertiefung, die nicht nur der Form der Meßspitze wirklich kongruent war, sondern auch ihrer Lage zur Kappe bzw. zum Zahn während des Meßvorganges entsprach (Abbildung 2).

Die Frage, inwieweit die Federkraft des Meßgerätes, welche die Tastarme immer wieder in die Nullstellung zurückzieht und beim Messen einen Druck von etwa 60 Gramm, d. h. von 30 Gramm gegen jeden Zahn ausübt, einen wirksamen Einfluß auf die Meßergebnisse hat, kann durch einfache Überlegung dahingehend beantwortet werden, daß sie ja bei allen Messungen und stets mit der gleichen Kraft wirkt, also auch in allen Werten gleich groß enthalten ist. Eine evtl. durch diese kleine Kraft ausgelöste Zahnverdrängung kann aber nach dem derzeitigen Stand des Wissens über die Eigenbeweglichkeit des Zahnes in der Alveole — eine solche mit der Alveole scheidet sowieso aus — so gut wie ausgeschlossen, d. h. vernachlässigt werden.

Auch eine evtl. Beeinflussung durch Temperaturunterschiede — das Gerät ist bei 20 Grad Celsius geeicht — wäre noch denkbar, doch wurde das Instrument während der Untersuchungen stets am gleichen Ort und bei annähernd gleicher Temperatur aufbewahrt; ebenso kann die Mundhöhlentemperatur aller Probanden als gleich bezeichnet werden.

Es kann also abschließend gesagt werden, daß die erarbeitete Meßmethodik ein durchaus ausreichendes Maß an Genauigkeit aufwies. Die Größe der nicht zu beseitigenden Fehlerquellen, die etwa bei $\pm 0,02$ mm lag, spielt im Verhältnis zu den später ermittelten weitaus größeren Werten kaum eine Rolle. Damit war die Voraussetzung für die Erzielung exakter Meßergebnisse und die Möglichkeit für eine objektive Bewertung der Untersuchungen geschaffen.

d) Die Versuchsanordnung

Dazu sei einleitend gesagt, daß sämtliche Untersuchungen an Studierenden der Mainzer Zahnklinik angestellt wurden, die sich hierfür freiwillig und gern zur Verfügung gestellt hatten. Dieser Umstand machte die Untersuchungen erheblich leichter und die Durchführung der einzelnen Messungen

in festen Abständen und zu einigermaßen gleichen Tageszeiten möglich. Außerdem kommt dadurch den dabei gemachten subjektiven Beobachtungen eine wesentlich größere Bedeutung zu, als wenn es sich bei den Versuchen um einen völlig uninteressierten und materiefremden Personenkreis gehandelt hätte. Es sei mir daher an dieser Stelle gestattet, allen Probanden für ihre bereitwillige und wertvolle Mitarbeit zu danken.

Zu Beginn eines jeden Versuches wurden nach eingehender Inspektion der Mundhöhle der Zahnbefund erhoben und notiert und dabei auch evtl. vorhandene Abweichungen von der normalen Zahn- und Kieferstellung und die Bißart vermerkt. Ferner wurde jede Versorgung durch Kronen oder Brücken registriert. Fälle, bei denen infolge zu starker Kippung oder Drehung sowie Schachtelstellung der Zähne ein Eingliedern der Versuchsplatte ohne Beschleifen nicht möglich war, schieden aus. Nachdem die Probanden über den Gang der Untersuchungen und ihre Verhaltensweise bei den Messungen aufgeklärt worden waren, wurden die entsprechenden Meßkappen auf die zweiten unteren Prämolaren und die zweiten Molaren gesetzt. Es folgte nun unter Berücksichtigung der im Kapitel „Meßtechnik“ besprochenen Bedingungen die Messung des Abstandes zwischen den Prämolaren und den Molaren. (Abbildung 3).

Die gefundenen Werte wurden als Ausgangswerte notiert, die mir bei den weiteren Messungen als Kontroll- bzw. Vergleichswerte dienten. In dieser ersten Meßsitzung ließ ich die Probanden noch mit eingesetztem Meßgerät jeweils eine maximale Mundöffnung und eine maximale Vorschubbewegung des Unterkiefers durchführen und vermerkte die dabei aufgetretenen Differenzen zum Ausgangswert. Ich hoffe nämlich, ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen diesen und den im Verlauf der Untersuchung ermittelten finden zu können.

Danach wurde die Versuchsplatte sofort eingesetzt und die Versuchsperson angehalten, sie dauernd, auch nachts und während des Essens, zu tragen und nur zur Reinigung ganz kurz zu entfernen. Mit dem Hinweis, evtl. auftretende Reaktionen und Beschwerden genau zu beobachten, wurden die Probanden bis zur nächsten Meßsitzung entlassen. Diese fand jeweils nach zwei Tagen statt, sofern sie wegen eines



Abbildung 3

Das Meßgerät in situ.

(Bei der Messung wurde es soweit angehoben, bis die Tastarme keinerlei Druck mehr auf die unteren Frontzähne ausübten.)

Sonn- und Feiertages nicht erst nach drei Tagen angesetzt werden konnte. Die Anberaumung eines früheren Meßtermines zur Feststellung einer ersten Reaktion, d. h. einer meßbaren Veränderung gegenüber dem Ausgangswert, hatte sich bei den Probemessungen als zwecklos erwiesen. Die vorher ermittelten Meßwerte waren so gering, daß sie, da sie im Bereich der Fehlerquellen lagen, nicht brauchbar waren.

Die Platten ließ ich nun volle 8 Tage tragen. Eine längere Tragedauer war nicht nötig, da sich bei den ersten Versuchen gezeigt hatte, daß nach dieser Zeit kaum noch wesentliche Veränderungen auftraten. Nach Entfernung der Platte führte ich nach etwa 2 bis 3 Tagen und nach einer Woche nochmals Kontrollmessungen durch, womit der Versuch abgeschlossen war.

In den drei Fällen, in denen ich eine Metallplatte angefertigt hatte, nahm ich den zweiten Versuch mit dieser nach einer Wartezeit von 6 - 8 Wochen nach dem gleichen Modus vor.

Erwähnt sei noch, daß die Messungen jeweils am späten Vormittag kurz vor dem Mittagessen durchgeführt wurden. Abschließend möchte ich noch betonen, daß nach meiner Überzeugung die Platten von allen Versuchspersonen auch wirklich während der ganzen Versuchsdauer getragen worden sind. Abgesehen davon, daß ich mir von jedem einzelnen vor Beginn der Untersuchung ein diesbezügliches Versprechen geben ließ und auch darum gebeten habe, lieber von dem Experiment Abstand zu nehmen, als es durch Abweichung von der Versuchsanordnung ungünstig zu beeinflussen, war es mir anhand der Kontrollmeßwerte ja auch möglich, längere Pausen im Tragen der Platte festzustellen.

Damit dürften die bei den Messungen gefundenen Werte auch als der Versuchsanordnung voll entsprechend gelten und somit auch vergleichbar sein.

2. Untersuchungsergebnisse

a) Die einzelnen Meßergebnisse

Im Kapitel „Untersuchungsmethodik“ habe ich sowohl die Meßtechnik als auch die Versuchsanordnung, mit deren

Hilfe die einzelnen Meßwerte ermittelt wurden, bereits ausführlich dargelegt.

Es wurden an 15 Personen 20 Reihenmessungen mit insgesamt 316 Einzelmessungen durchgeführt. Dabei trugen, wie schon erwähnt, zwei der Probanden die Versuchsplatte mit einer Pause von 6-8 Wochen je zweimal und drei der Probanden im zweiten Versuch die der Kunststoffplatte entsprechende Metallplatte, ebenfalls nach einer Pause von mindestens 6 Wochen.

Zur besseren Beurteilung der Meßergebnisse möchte ich zunächst die einzelnen Fälle der Reihe nach mit kurzen Angaben über den jeweiligen Gebißbefund aufzählen, welche für die Beurteilung der ermittelten Werte von besonderer Bedeutung sind. Dabei werden im Meßbefund nur die gefundenen Endwerte angegeben, die sich bei der Schlußmessung unmittelbar nach dem Entfernen der Versuchsplatte am Ende der 8-10-tägigen Versuchsdauer ergeben hatten. Die Distanzveränderungen, die an den zweiten Prämolaren gemessen wurden, werden im Meßbericht mit 5:5 und die der zweiten Molaren mit 7:7 bezeichnet. Die Differenzwerte bei der maximalen Bißöffnung mit unterer Grenzlage der Mandibula sollen nach einem Vorschlage von LOOS, dem auch JUNG in seinen Arbeiten folgte, mit u. G. und die der maximalen Vorschubbewegung mit vorderer Grenzlage der Mandibula mit v. G. benannt werden. Diese Werte wurden vor Beginn eines jeden Versuches und nur an 7:7 bestimmt.

Alle Zahlenangaben erfolgen in Millimeter.

Fall 1: T. E., 25 Jahre alt.

Gesundes, kräftiges Gebiß mit leichtem Überbiß und beidseitigem Neutralbiß li. u. 6 extrahiert, die 3. Molaren fehlen. Lücken zwischen li. u. 4-5 und re. u. 5-4-3.

Meßbefund: 5:5 = + 0,07

7:7 = + 0,16 u. G. = — 0,40
v. G. = — 0,45

Fall 2: Derselbe Proband.

Die Werte stammen aus dem zweiten Versuch mit der gleichen Kunststoffplatte.

Meßbefund: 5:5 = + 0,10

7:7 = + 0,18

Fall 3: M. H., 36 Jahre alt.

Tiefer Überbiß mit Stufe von 3 mm. Re. o. 6, re. u. 6, li. u. 5 und 6 extrahiert. Schwebelücke von li. u. 4 bis 7. Lücken zwischen re. u. 8-7 und 5-4. Re. u. 5 gekippt und gedreht.

Meßbefund: $5:5 = -$
 $7:7 = + 0,07$ u. G. = $- 0,05$
v. G. = $- 0,30$

Fall 4: Derselbe Proband.

Die Werte stammen aus dem zweiten Versuch mit der gleichen Kunststoffplatte.

Zur Kontrolle wurden dabei je zwei Messungen unmittelbar nacheinander durchgeführt, und zwar einmal mittels der Meßkappen und das zweite Mal direkt von Zahn zu Zahn.

Meßbefund: m. Meßkappen direkt
 $7:7 = + 0,10$ $7:7 = + 0,11$

Fall 5: L. Ch., 23 Jahre alt.

Zierliches vollbezahntes Gebiß mit kräftigen Abrasionen. Leichter Überbiß, beidseitiger Neutralbiß. Re. u. 8 noch im Durchbruch, li. u. 8 extrahiert.

Meßbefund: $5:5 = + 0,07$
 $7:7 = + 0,20$ u. G. = $- 0,15$
v. G. = $- 0,35$

Fall 6: Derselbe Proband.

Die Werte stammen aus dem zweiten Versuch mit der Metallplatte.

Meßbefund: $5:5 = + 0,10$
 $7:7 = + 0,27$

Fall 7: K. G., 24 Jahre alt.

Vollbezahntes, kräftiges Gebiß. Unterkiefer zeigt ausgeprägte Trapezform, ähnlich der Schmid-Gussenbauerschen Linie, mit starker Prominenz der Eckzähne und ganz gerader Front. Leichter Mesialbiß ($\frac{1}{4}$ P. B.), re. u. 3 okkludiert verkehrt. Geringer und unregelmäßiger Überbiß.

Meßbefund: $5:5 = + 0,16$
 $7:7 = + 0,18$ u. G. = $- 0,10$
v. G. = $- 0,58$

- Fall 8:** Derselbe Proband.
Die Werte stammen aus dem zweiten Versuch mit der Metallplatte.
Meßbefund: $5:5 = + 0,14$
 $7:7 = + 0,25$
- Fall 9:** K. U., 21 Jahre alt.
Mittlerer Überbiß mit Stufe und beidseitiger Neutralbiß. Hochstand der unteren Frontzähne. Sämtliche Molaren z. T. stark gefüllt. Li. u. 8 extrahiert, re. u. 8 im Durchbruch.
Meßbefund: $5:5 = + 0,11$
 $7:7 = + 0,21$ u. G. = — 0,40
v. G. = — 0,30
- Fall 10:** Derselbe Proband.
Die Werte stammen aus dem zweiten Versuch mit der Metallplatte.
Meßbefund: $5:5 = + 0,08$
 $7:7 = + 0,31$
- Fall 11:** D. P., 22 Jahre alt.
Knapper Überbiß mit beidseitigem Neutralbiß. Beide unteren Sechsjahrmolaren extrahiert. Trotz der Extraktionslücken noch gute Kontaktpunkte, beide zweite Molaren nach mesial gekippt.
Meßbefund: $5:5 = + 0,14$
 $7:7 = + 0,16$ u. G. = — 0,26
v. G. = — 0,45
- Fall 12:** H. H., 24 Jahre alt.
Mitteltiefer Überbiß mit einer Stufe von 4 mm. Distalbiß re. $\frac{3}{4}$ P. B., li. $\frac{1}{2}$ P. B. Beide unteren Sechsjahrmolaren wurden aus orthodontischen Gründen entfernt. Li. u. 8 extrahiert. Kontaktpunkte nur im rechten Seitenzahnbereich, wo die Lücke des ersten Molaren ganz geschlossen ist. Li. u. 5 nach distal und li. u. 7 nach mesial gekippt.
Meßbefund: $5:5 = + 0,14$
 $7:7 = + 0,13$ u. G. = — 0,25
v. G. = — 0,35

Fall 13: H. W., 26 Jahre alt.

Überbiß von 2 mm mit Stufe von 3 mm. Rechts Neutralbiß, links Mesialbiß $\frac{1}{4}$ P. B. Li. u. 6 vor 4 Jahren extrahiert, re. u. 6 vor 3 Jahren, ebenso re. u. 8. Kontaktpunkte noch gut erhalten. Li. u. 3, 4 und 5 stehen nach mesial gekippt.

Meßbefund: $5:5 = + 0,17$

$7:7 = + 0,26$ u. G. = — 0,20

v. G. = — 0,70

Fall 14: D. D., 25 Jahre alt.

Leichter Überbiß, re. Mesialbiß $\frac{1}{2}$ P. B., li. Neutralbiß. Beide unteren Weisheitszähne extrahiert. Schachtelstellung der Frontzähne, allgemeiner Engstand. Re. u. 4 nach lingual gekippt.

Meßbefund: $5:5 = + 0,10$

$7:7 = + 0,17$ u. G. = — 0,10

v. G. = — 0,35

Fall 15: D. I., 24 Jahre alt.

Leichter Überbiß. Re. o. 2 okkludiert verkehrt. Lückiger Frontzahnstand. Re. u. 6 wurde vor 8 Jahren, li. u. 6 vor 6 Jahren entfernt. Brücke von re. u. 7 auf 5 mit labiler Verankerung im zweiten Prämolaren.

Meßbefund: $5:5 = + 0,07$

$7:7 = + 0,18$ u. G. = — 0,30

v. G. = — 0,60

Fall 16: S. G., 25 Jahre alt.

Mitteltiefer Überbiß und beidseitiger Neutralbiß. Li. o. 6 extrahiert, re. o. 6 überkront. Gute Kontaktpunktverhältnisse im Unterkiefer und kräftige Abrasion.

Meßbefund: $5:5 = + 0,10$

$7:7 = + 0,20$ u. G. = — 0,15

v. G. = — 0,40

Fall 17: H. M., 31 Jahre alt.

Tiefer Überbiß mit nach rechts verschobener Oberkiefermitte. Distalbiß li. $\frac{1}{2}$ P. B., re. 1 P. B. Re. o. 4 okkludiert verkehrt, li. u. 6 überkront. Re. u. 8 noch impaktiert, li. u. 8 nur zur Hälfte durchgebrochen, beide im Bukkalstand.

$$\begin{aligned}\text{Meßbefund: } 5:5 &= + 0,11 \\ 7:7 &= + 0,16 \quad \text{u. G.} = - 0,20 \\ &\quad \text{v. G.} = - 0,40\end{aligned}$$

Fall 18: B. K., 24 Jahre alt.

Vollbezahntes, sehr regelmäßig gestelltes Gebiß mit leichten Abrasionen. Leichter Überbiß und beidseitiger Neutralbiß. „Idealgebiß“ mit nur wenig Füllungen.

$$\begin{aligned}\text{Meßbefund: } 5:5 &= + 0,08 \\ 7:7 &= + 0,17 \quad \text{u. G.} = - 0,30 \\ &\quad \text{v. G.} = - 0,45\end{aligned}$$

Fall 19: B. H., 25 Jahre alt.

Vollbezahntes, kräftiges Gebiß mit beidseitigem Neutralbiß. Li. o. 1 und li. u. 1 sowie li. o. 2 und li. u. 2 stehen im Kopfbiß, die übrigen Frontzähne in knappem Überbiß. Starke Abrasionen, besonders im Molarengebiet. In der unteren Front beidseitig zwischen 1 und 2 Lücken.

$$\begin{aligned}\text{Meßbefund: } 5:5 &= + 0,12 \\ 7:7 &= + 0,22 \quad \text{u. G.} = - 0,30 \\ &\quad \text{v. G.} = - 0,65\end{aligned}$$

Fall 20: W. K., 26 Jahre alt.

Vollbezahntes Gebiß mit leichtem Überbiß und beidseitigem Kreuzbiß. Fast kariesfrei mit starken Abrasionen. Untere Front leicht lückig.

$$\begin{aligned}\text{Meßbefund: } 5:5 &= + 0,09 \\ 7:7 &= + 0,18 \quad \text{u. G.} = - 0,35 \\ &\quad \text{v. G.} = - 0,70\end{aligned}$$

In der folgenden Tabelle wurden die Ergebnisse der 20 vorstehenden Fälle übersichtlich angeordnet, wodurch sich eine bessere Vergleichbarkeit der ermittelten Endwerte untereinander und auch in Gegenüberstellung mit den durch die elastische Deformierung der Mandibula erzielten Distanzveränderungen zwischen 7:7 ergibt.

Die Werte der Fälle 2 und 4 stammen aus den zweiten Versuchen mit derselben Kunststoffplatte, die Werte der Fälle 6, 8 und 10 aus den Zweitversuchen mit der Metallplatte.

Fall Nr.	Größe der Distanzänderung zwischen		Größe der elastischen Deformierung bei 7:7	
	5:5	7:7	u. G.	v. G.
1	+ 0,07	+ 0,16	— 0,40	— 0,45
2	+ 0,10	+ 0,18	—	—
3	—	+ 0,07	— 0,05	— 0,30
4	—	+ 0,10	—	—
5	+ 0,07	+ 0,20	— 0,15	— 0,35
6	+ 0,10	+ 0,27	—	—
7	+ 0,16	+ 0,18	— 0,10	— 0,58
8	+ 0,14	+ 0,25	—	—
9	+ 0,11	+ 0,21	— 0,40	— 0,30
10	+ 0,08	+ 0,31	—	—
11	+ 0,14	+ 0,16	— 0,26	— 0,45
12	+ 0,14	+ 0,13	— 0,25	— 0,35
13	+ 0,17	+ 0,26	— 0,20	— 0,70
14	+ 0,10	+ 0,17	— 0,10	— 0,35
15	+ 0,07	+ 0,18	— 0,30	— 0,60
16	+ 0,10	+ 0,20	— 0,15	— 0,40
17	+ 0,11	+ 0,16	— 0,20	— 0,40
18	+ 0,08	+ 0,17	— 0,30	— 0,45
19	+ 0,12	+ 0,22	— 0,30	— 0,65
20	+ 0,09	+ 0,19	— 0,35	— 0,70

Tabelle 1

Größen der Distanzänderung zwischen 5:5 und 7:7 und Größen der zugehörigen, durch die Deformierung der Mandibula bedingten Distanzänderung zwischen 7:7 bei maxim. Öffnung (u. G.) und maxim. Vorschub (v. G.).

Aus dieser Tabelle spricht eindeutig die Tatsache, daß in allen 20 Fällen nach einer Versuchsdauer von 8 bis 10 Tagen eine recht erhebliche Distanzvergrößerung zwischen den untersuchten zweiten Prämolaren und zweiten Molaren festgestellt wurde. Diese betrug bei 5:5 im Minimum 0,07 mm (Fall 1 und 5) und im Maximum 0,17 mm (Fall 13). Zwischen 7:7 ergab sich eine minimale Zunahme von 0,07 mm (Fall 3) und eine maximale von 0,31 mm (Fall 10).

Die Meßergebnisse des Falles 5, dessen Verlauf besonders typisch und anschaulich ist, werden im Diagramm 1 graphisch dargestellt. Die Bereitwilligkeit und eifrige Mitarbeit dieses Probanden ermöglichte es, die Platte über 16 Tage zu tragen und tägliche Kontrollen auch noch nach der Entfernung der Platte durchzuführen.

Die in diesem Fall ermittelten Werte brachten eine Bestätigung der bereits bei den Probemessungen getroffenen Feststellung, daß nach 8 bis 10 Tagen im allgemeinen keine bedeutsamen Veränderungen der Meßwerte mehr zu erwarten sind, aus welchem Grunde die Versuchsdauer auch auf diese Zeit festgelegt worden war. Auch der Rückgang auf die Ausgangswerte nach 3 bzw. 6 Tagen entspricht dem beobachteten Durchschnitt.

Das Diagramm 2 dient der Veranschaulichung der Distanzzunahme zwischen 5:5 und 7:7 im errechneten Mittel der Fälle in Abhängigkeit von der Tragedauer der Platte. Darin wurden die erzielten Meßwerte zu der jeweiligen Zahl der Messung entsprechend der Reihenfolge in Beziehung gesetzt.

Die erste Kontrollmessung erfolgte allgemein nach zwei Tagen, die zweite nach vier, die dritte nach sechs und die vierte als Schlußmessung nach acht bis zehn Tagen, je nach Verschiebung durch Sonn- oder Feiertage.

Das aus den gefundenen Werten errechnete Mittel der Distanzzunahme nach 8 bis 10-tägiger Tragedauer der Platten beträgt

für die zweiten Prämolaren 0,107, also rund **0,11 mm** und
für die zweiten Molaren 0,198, also rund **0,20 mm**.

Aus den ersten Messungen wurde bei 5:5 eine durchschnittliche Zunahme von 0,036 mm und bei 7:7 von 0,068 mm errechnet. Aus den zweiten Messungen bei 5:5 eine solche von 0,028 mm und bei 7:7 von 0,051 mm. Die dritten Messungen zeigten durchschnittlich eine Zunahme bei 5:5 um 0,025 mm und bei 7:7 um 0,061 mm. Die Zunahme von der dritten zur vierten Messung schließlich betrug im Durchschnitt bei 5:5 0,018 mm und bei 7:7 ebenfalls 0,018 mm. In Tabelle 2 sind diese Durchschnittswerte der Distanzzunahme zwischen den einzelnen Messungen geordnet.

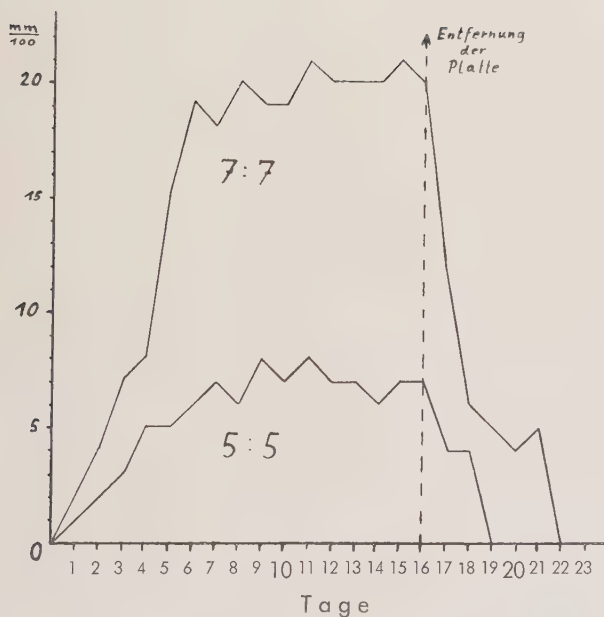


Diagramm 1

Verlauf der Distanzänderung zwischen 5:5 und 7:7 während einer 16-tägigen Tragedauer bis zum Rückgang auf den Ausgangswert.

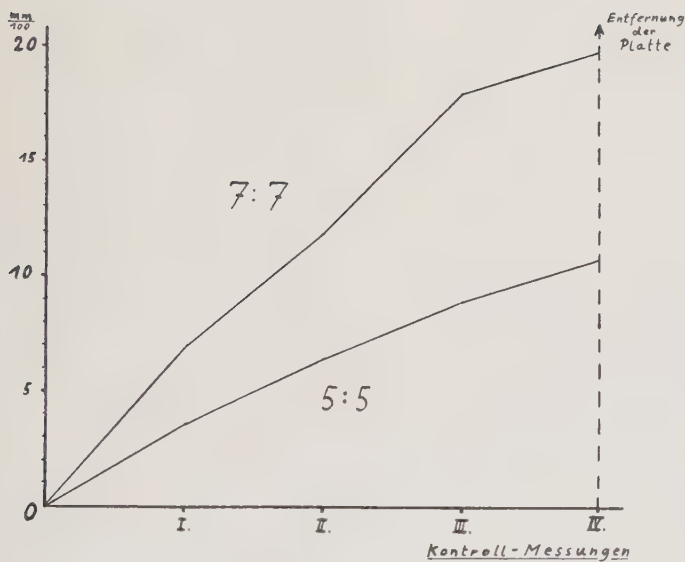


Diagramm 2

Durchschnittliche Zunahme der Distanz zwischen 5:5 und 7:7 beim Tragen der Versuchsplatten.

Messungen	Distanzzunahme zwischen	
	5:5	7:7
Anfang	0	0
1.	0,036	0,068
2.	0,028	0,051
3.	0,025	0,061
4.	0,018	0,018
	0,107	0,198

Tabelle 2

Durchschnittliche Distanzzunahme bei 5:5 und 7:7 innerhalb von 8 bis 10 Tagen.

b) Allgemeine Beobachtungen während des Tragens der Platten

Die Eingliederung der Versuchsplatten stellte einen nicht unerheblichen Eingriff in die normale Physiologie der Mundhöhle und des gesamten Kavorgans dar, der naturgemäß eine Reihe von Reaktionen und Sensationen erwarten ließ. Entsprechend der individuellen Reaktionslage und der unterschiedlichen physischen wie psychischen Konstitution der Probanden waren diese nach Art und Umfang mitunter auch recht verschieden, ließen sich also sowohl qualitativ wie quantitativ nur sehr schwer miteinander vergleichen. Dazu kam, daß die Mehrzahl von ihnen nur subjektiv wahrnehmbar, also objektiv nicht kontrollierbar und damit auch nur indirekt und bedingt zu beurteilen war. Dennoch soll im folgenden auf einige immer wiederkehrende oder sonst eindeutige Erscheinungen, die beim Tragen der Platten auftraten, hingewiesen werden, da sie interessante Rückschlüsse auf die sich dabei abspielenden Vorgänge zulassen.

Unmittelbar nach dem Einsetzen saßen die Platten alle ohne jedes Spiel fest, wobei die Berührungsflächen den Zähnen satt und ohne Zwischenraum anlagen. Die Mehrzahl der Probanden gab dabei ein leichtes Spannungsgefühl an, das sich aber nach kurzer Tragedauer verlor. Bereits nach 12 bis 24 Stunden hatte sich in allen Fällen der Sitz der Platten

etwas gelockert und nach 48 Stunden noch mehr, sodaß zwischen dem Plattenrand und den lingualen Zahnflächen ein kleiner Spalt klaffte, der mit einer feinen Sondenspitze gut tastbar war. Inwieweit an dieser Spaltbildung auch ein evtl. Absinken der Platten beteiligt war, konnte nicht festgestellt werden. Jedenfalls hätte ein Absinken auf Grund der anatomischen Form der lingualen Kronenflächen eher zu einer Entlastung als zu einer Belastung der Zahnreihen geführt. Am dritten Tage saßen die Platten allgemein schon so locker, daß die Probanden sie mit der Zungenspitze im Frontbereich leicht anheben konnten, was auch unbewußt oft spielerisch getan wurde. Ganz entfernt konnte die Platte durch die Zunge nicht werden, da die sich in den Seitenzahnbereich erstreckenden Plattenflügel, die zum Teil etwas unter sich gingen, dies verhinderten. Über den weiteren Sitz der Platten nach dem dritten Tage konnten seitens der Probanden keine genauen Angaben mehr gemacht werden, da diese zu diesem Zeitpunkt allgemein schon soweit inkorporiert waren, daß Unterschiede nicht mehr wahrgenommen wurden.

Beachtenswert ist die Wahrnehmung der meisten Probanden, daß sie auch nach der Inkorporation der Platte bei kräftiger Kauarbeit und besonders bei beidseitigem starkem Pressen der Seitenzähne ein deutliches Spannungsgefühl im Seitenzahnbereich hatten. In einem Fall (Fall 5) wurde auch ein solches im ganzen Frontzahngebiet angegeben. Dieses Spannungsgefühl nahm ein größerer Teil der Probanden verstärkt bei extrem weiter Mundöffnung und beim maximalen Unterkiefervorschub wahr. Bei zwei der Metallplattenträger (Fall 6 und 8) steigerte sich dieses Gefühl bei den letztgenannten Kieferbewegungen sogar zur Schmerzhaftigkeit.

In diesem Zusammenhang sei auf die Möglichkeit der Auslösung dieser Erscheinung auf recht einfache Weise verwiesen. Man lasse nur bei einer Abdrucknahme in einem bezahnten Unterkiefer den Abdruckgips etwas härter als üblich werden und fordere den Patienten auf, den Mund mit den eingegipsten Zahnreihen extrem weit zu öffnen oder den Unterkiefer maximal vorzuschieben. Das prompte Auftreten von Schmerzen in den Paradentien der Seitenzähne ist das Resultat dieser Maßnahme. Jeder, der dies am eigenen Leibe verspürt hat, wird schnell vom Vorhandensein der

funktionell bedingten elastischen Deformierung der Mandibula überzeugt sein und sich auch ein nachhaltiges Bild vom Ausmaß und der Bedeutung dieser Erscheinung machen können. Trägern von weitgespannten unteren Seitenzahnbrücken ist das Auftreten von Schmerzen bei extrem weiter Mundöffnung meist bekannt. Sie können die Erscheinung der elastischen Kieferdeformierung sofort an sich spürbar nachprüfen.

Interessant ist die Tatsache, daß vier der Probanden (Fall 1, 11, 12, 17) angaben, die Platten säßen morgens beim Wachwerden fester als abends. Ein Befragen nach den Schlafgewohnheiten ergab, daß diese Personen mit ziemlicher Gewißheit keine Knirscher oder Presser, sondern eher Schnarcher waren, die mit offenem Munde schliefen.

In zwölf der untersuchten Fälle wurde von den Probanden in den ersten Tagen der Tragezeit ein merkwürdiges kitzelndes Gefühl im marginalen Bereich der Parodontien einzelner Zähne oder auch der gesamten Frontzähne angegeben, das meist nach dem dritten bis fünften Tage wieder verschwand. Zwei der Probanden bezeichneten dieses Gefühl als identisch mit demjenigen, das sie bei einer vor längerer Zeit durchgemachten Gebißregulierung gehabt hätten. Leider konnten sie über die Art dieser keine näheren Angaben mehr machen. Um festzustellen, inwieweit an diesem „merkwürdigen Gefühl“, das aber niemand als Schmerz bezeichnen wollte, Sensationen von Seiten der oberflächlichen Gingiva beteiligt waren, schaltete ich in einigen Fällen die Sensibilität dieser durch das Auftragen einer anaesthesierenden Salbe („Dynexan“ der Fa. Kreussler & Co) auf die entsprechenden der Gingiva anliegenden Plattenteile aus, doch wurde dadurch das kitzelnde Gefühl weder abgeschwächt noch gar aufgehoben. Dieses Gefühl zeigte sich verstärkt bei Belastung der Zähne allgemein, so beim Schlußbiß mit Muskelanspannung und beim kräftigen Kauen. Besonders stark aber trat es an Zähnen auf, die als Gleithindernis wirkten oder absichtlich mit horizontalen Kräften belastet wurden (z. B. durch Fingerabdruck). Dabei wurde meist auch gleichzeitig an den entsprechenden gegenüberliegenden Zähnen das gleiche Gefühl, nur etwas schwächer, festgestellt. Allgemein wurde angegeben, daß sich dieses Gefühl, das sich anfangs mehr in den marginalen Bezirken der Pa-

radentien zeigte, später mehr nach apical verlagerte, ehe es sich ganz verlor.

Von vier der Probanden (Fall 6, 8, 10 und 13) wurde nach dem zweiten Tage angegeben, sie hätten den Eindruck, als ob die normale gewohnte Okklusion gestört sei, wobei die Seitenzähne den Biß etwas zu sperren schienen, sodaß sich die Frontzähne im Schlußbiß nicht mehr wie gewohnt berührten. Offenbar war durch die Bukkalverdrängung der unteren Seitenzähne eine geringe Höcker-Höcker-Stellung eingetreten. Diese Angabe konnte auch in einem Fall (Fall 10) durch klinische Beobachtung bestätigt werden. Zwei dieser Probanden gaben dabei eine leichte Schmerzhaftigkeit in den Paradentien der ersten und zweiten Molaren an. Sie hielten in der Folgezeit gegen ihre Gewohnheit den Unterkiefer dauernd bewußt in der Ruhelage, um so den Schmerz zu umgehen. Erst nach Abklingen der Sensationen führten sie den Schlußbiß in gewohntem Umfang wieder durch.

In einem Fall (Fall 13) traten nach dem sechsten Tage in beiden Kiefergelenken Schmerzen auf, sowohl bei Ruhelage als auch bei Bewegung des Unterkiefers. Diese hörten erst kurze Zeit nach der Entfernung der Platte wieder auf.

Alle Probanden gaben nach dem Einsetzen der Versuchsplatte eine gewisse Beeinträchtigung der Sprachbildung an, die sich speziell bei der Bildung der Konsonanten c s ß z bemerkbar machte. Bereits nach einer Tragedauer von einigen Stunden, spätestens aber am zweiten Tage, erfolgte die Sprachbildung wieder wie gewohnt. Diese Beeinträchtigung beruhte so gut wie ausschließlich auf der Behinderung der Zungenbeweglichkeit durch die Einengung ihres Spielraumes und ihrer Lage, wodurch die Sprache der Probanden anfangs auch mehr oder weniger klossig wirkte. Eine Veränderung der Klangfarbe war nicht feststellbar.

Von wesentlicher Bedeutung zeigte sich die Zungenbehinderung durch die Platte beim Essen. Hier wurde das normale Spiel der Zunge beim Transport des Speisebreies und bei der Reinigung des Unterzungengrundes sowie der Interdentien so stark beeinträchtigt, daß die Platten in allen Fällen beim Essen anfangs als lästig empfunden wurden. In einem Fall sogar so stark, daß der Träger mit eingesetzter Platte nicht essen zu können vorgab und die Platte zu den Mahlzeiten entfernte.

Zwei der Probanden gaben als wesentlichste Störung des Wohlbefindens beim Tragen der Versuchsplatte merkwürdigerweise — oder bezeichnenderweise? — eine solche beim Rauchen an (Fall 17 und 20).

In allen Fällen wurde in der ersten Zeit des Tragens sowohl subjektiv wie objektiv verstärkter Speichelfluß festgestellt, der mit zunehmender Inkorporation zurückging und schließlich aufhörte. Lediglich bei einer bewußten Beschäftigung mit der Platte durch Zungenspiel trat wieder verstärkter Speichelfluß auf. Von den drei Trägern der Metallplatten wurde der Speichelfluß als stärker gegenüber der Kunststoffplatte angegeben. Sonst wurden die Metallplatten für das Gefühl der Zunge als angenehmer empfunden, lediglich das wesentlich größere Gewicht wirkte beim Tragen etwas störend.

Nachdem Entfernen der Platten zu den einzelnen Messungen erschien in allen Fällen die von der Platte bedeckte Schleimhaut leicht anämisch, wodurch sich die Plattenbegrenzung deutlich gegen die übrige normal durchblutete Schleimhaut abhob. Dies war auch noch bis zum Versuchsende der Fall, wo die Platten von allen Beteiligten als völlig inkorporiert bezeichnet wurden. Sonst konnten seitens der bedeckten Schleimhaut keine Reaktionen, insbesondere auch kein Brennen beobachtet werden. Auch wurde von keinem der Probanden über ein Wärmegefühl geklagt.

Nach der endgültigen Entfernung der Platten wurde in keinem Falle rein unbewußt ein Leeregefühl empfunden. Erst nach bewußter Selbstkontrolle konnte festgestellt werden, ob die Platte noch eingesetzt oder bereits entfernt war. Dann aber gaben alle Probanden an, daß sie das Gefühl hätten, die Zunge wäre kleiner geworden und zurückgesunken, 'sodaß sie die natürlichen Zahnreihen nicht mehr voll berühren und sich im Mundboden verlieren würde.

An fast allen Platten zeigte sich nach der Entfernung an den lingualen Säumen der Anlagerungsflächen eine mehr oder weniger starke gelbliche Zahnsteinanlagerung. Ebenso an der dem Mundboden zugewandten Unterkante der Platte im mittleren Frontzahnbereich.

Abschließend sei noch erwähnt, daß sich bei zwei Probanden (Fall 3 und 7) während der Tragezeit der Platten

solitäre Aphten bildeten, und zwar eine an der rechten Zungenunterseite und eine in der unteren Umschlagfalte der linken Wange.

IV.

Diskussion der Untersuchungsergebnisse und Folgerungen

Vergleicht man das Resultat der gefundenen Meßwerte, nämlich eine durchschnittliche Distanzzunahme zwischen den zweiten Prämolaren um 0,11 mm und zwischen den zweiten Molaren um 0,20 mm, mit dem, das FRANK unter fast gleichen Versuchsbedingungen bei seinen Untersuchungen im Oberkiefer ermittelt hat, so tritt die Frage auf, worauf wohl gerade im Unterkiefer die durchschnittlich zehnmal größeren Werte zurückzuführen sind.

Die naheliegende Vermutung, daß hierbei die Zunge, die durch die Platte speziell in ihrem rückwärtigen Anteil eingeeengt wird, also auch ihrerseits nicht ganz unbedeutende Kräfte auf die dorsalen Flügel der ziemlich elastischen Platte und über diese auf die Zähne ausübt, eine besondere Bedeutung zukommen könnte, erwies sich nach dem Tragen der absolut starren Metallplatten als grundlos. Denn gerade in diesen Fällen, in denen die Elastizität der Platte ausgeschaltet war, lagen die Werte z. T. sogar wesentlich über den mit der üblichen elastischen Kunststoffplatte ermittelten. Damit schied auch die Möglichkeit, daß die größeren Werte im Unterkiefer durch die formbedingte größere Elastizität der Unterkieferplatte gegenüber der relativ starren Oberkieferplatte entstanden sein könnten, als Ursache aus.

Bei den sonst fast völlig gleichen Versuchsbedingungen bleibt beim Vergleich der Verhältnisse zwischen Oberkiefer und Unterkiefer nur der große Unterschied in ihrem funktionellen Verhalten übrig. In dem nach Art und Ausmaß wesentlich anderen Vorgang der funktionell bedingten elastischen Deformierung der Mandibula mit ihren Alveolarfortsätzen liegt der grundlegende Unterschied. Diese dauernd und bei allen Funktionen des Kauorgans in so bedeutsamem Maße auftretende Erscheinung, die sich nach den bisheri-

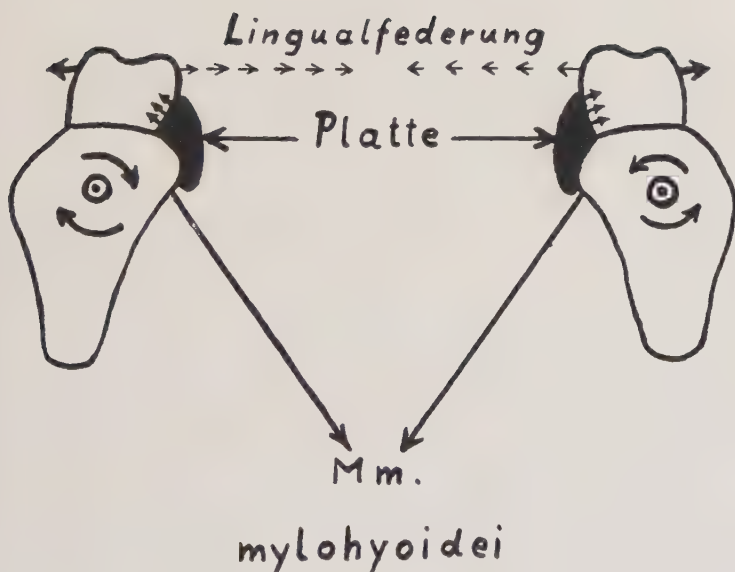


Abbildung 4

Die Seitenzahnreihen werden bei ihrer durch die elastische Deformierung der Mandibula bedingten Lingualfederung von der Platte nach bukkal verdrängt.

gen Untersuchungen hauptsächlich in einer Lingualfederung und damit Verringerung des Abstandes der gegenüberliegenden Zahnreihen äußert, muß naturgemäß an den Zähnen, welche dabei auf die ihnen anliegenden Flächen einer mehr oder weniger starren Platte stoßen, Reaktionen hervorrufen (Abbildung 4).

Die besagte Lingualfederung entsteht bei der durch die Muskelkräfte hervorgerufenen Verwindung der seitlichen Anteile des Unterkieferkörpers. Dabei dürfte das Drehzentrum bzw. die Drehachse dieser Torsionsbewegung etwa in der Mitte der Verbindungslinie zwischen den stärksten Erhebungen der Linea mylohyoidea und der Linea obliqua liegen. Aus dem schrägen Verlauf dieser beiden Linien resultiert auch ein schräger Verlauf der Torsionsachse, sodaß entsprechend der verschiedenen Länge der Hebelarme auch das Ausmaß der Lingualfederung verschieden sein muß. Die unterschiedlichen Meßwerte zwischen 5:5 und 7:7 gelten als Beweis hierfür.

Art und Größe der Reaktionen des von den Stößen getroffenen Zahnes werden bestimmt durch die Zahl bzw. Häufigkeit dieser Stöße, durch die Kraft, mit welcher sie ausgeführt werden, durch ihre Größe, d. h. den Weg derselben, und durch ihre Richtung.

Was die Anzahl, die Häufigkeit und den Rhythmus der durch die elastische Deformierung der Mandibula verursachten Zahnschwingungen betrifft, so scheint es fast unmöglich zu sein, diese zu kontrollieren und zu registrieren; jedenfalls nicht in einem größeren für Zahnbewegungen erforderlichen Zeitraum. Erfährt die Mandibula doch nicht nur bei den reinen Kieferbewegungen, so bei der Nahrungsaufnahme, bei der Kau- und Sprachfunktion, beim Gähnen usw., sondern auch beim Schlucken, beim Pressen und Knirschen, kurzum also dauernd mehr oder weniger starke elastische Deformierungen, die sich jeder Kontrolle entziehen. Auch Schätzungen hierüber dürften nur äußerst schwer angestellt werden können.

Bemühungen, die Kräfte zu messen, mit denen die Zähne bei ihrer Lingualfederung auf die Berührungsflächen der Platten auftreffen, scheiterten daran, ein geeignetes Meßgerät zu finden. Alle auf dem Markt befindlichen Geräte dieser

Art, die ausschließlich für technische Messungen konstruiert sind, hatten entweder viel zu große Meßwege und sprachen auf hundertstel Millimeter überhaupt nicht an, oder sie waren in so großen Dimensionen gebaut, daß ihre Anwendung an einer Versuchsperson nicht möglich gewesen wäre. Zieht man die enormen Kräfte in Betracht, die von der an der Mandibula ansetzenden Muskulatur ausgelöst werden, JUNG schätzt allein die der dorsalen Portion des M. mylohyoideus auf 25 kg, so darf man diese selbst nach Verlust der für die Torsion der Mandibula erforderlichen Kräfte und nach Minderung durch Muskelantagonisten noch auf mehrere Kilogramm schätzen. Und mit diesen beachtlichen Kräften werden die Zähne gemäß *actio* gleich *reactio* beim Auftreffen auf die Plattenränder in bukkale Richtung gedrängt. Dies gilt insbesondere für den Fall einer absolut starren Platte. Bei einer elastischen Platte erfahren diese Kräfte durch Mitfederung derselben naturgemäß eine entsprechende Abschwächung. Inwieweit dabei der betroffene Zahn mitbewegt wird, hängt von dem Verhältnis ab, in dem Elastizität der Platte und Zahnbeweglichkeit zueinander stehen. In jedem Falle aber erfahren bei einer Lingualfederung der Zahnreihen dieselben einen Stoß in bukkaler Richtung (s. Abbildung 4). Da aber, wie erwiesen, so gut wie bei allen Funktionen des Kauorganes mehr oder weniger große elastische Deformierungen der Mandibula auftreten, wirken ständig entsprechende Kräfte über die Plattenränder auf die Zahnreihen.

Die Größe der Lingualfederung war bei den Messungen im Durchschnitt zwischen den zweiten Molaren bei maxim. Bißöffnung mit 0,23 mm und bei maxim. Unterkiefervorschub mit 0,47 mm ermittelt worden. JUNG hat in seinen Untersuchungen bei den entsprechenden Bewegungen und ebenfalls zwischen den zweiten Molaren 0,35 bzw. 0,70 mm gefunden. Die Differenz dürfte damit zu begründen sein, daß JUNG diese Werte für voll funktionstüchtige Gebisse angibt. Außerdem wurde im Gegensatz zu JUNG in vorliegender Arbeit nur ein relativ kleines und in Bezug auf den Gebißzustand einseitiges Probandengut untersucht.

Die Krafrichtung der aus der Lingualfederung stammenden und von der Platte auf die einzelnen Zähne übertragenen Stöße darf als allgemein rechtwinklig zur Platte verlaufend angenommen werden, im Seitenzahnbereich also als streng

nach bukkal gerichtet. Eventuelle durch die anatomische Form der Zahnkrone bedingte Abweichungen können in den Fällen, wo feste Kontaktpunkte bestehen, auch nur in dieser Richtung resultieren. Da zudem die Zahnkronen vom Plattenrand in den Interdentalräumen mesial wie distal gleich weit gefaßt waren, liegt auch die sich aus dieser bogenförmigen Berührungsfläche ergebende Resultante in derselben Richtung.

Eine Gegenüberstellung der Größen der Distanzänderung und der Größen der Lingualneigung der entsprechenden Seitenzähne ergab in allen Fällen zwar keine unbedingte Abhängigkeit voneinander, doch kann mit Einschränkung gesagt werden, daß das Ausmaß der paradentalen Reaktionen eines Zahnes beim Tragen passiver, den Zahnreihen satt anliegender Platten, in einem direkten Verhältnis zu der Größe seiner elastischen Lingualkippung steht. Große Werte der elastischen Deformierung zeigten allgemein auch große Bukkalverdrängung der Seitenzähne.

Daß dies nicht unbedingt in allen Fällen so war und auch nicht so sein kann, liegt daran, daß die gemessene Lingualkippung ja keinen absoluten Wert darstellt. Ihre Größe ist, worauf JUNG schon hinwies, bei mehreren Messungen stets etwas verschieden, da es sich bei der Deformierung um keinen rein mechanischen, sondern um einen biologisch-mechanischen Vorgang handelt, bei dem Ernährungslage, Innervation, Muskeltonus und eine Anzahl anderer biologischer Faktoren gleiche Ergebnisse nicht zulassen. Dazu kommt eine Reihe schwer faßbarer Faktoren, die für Art und Ausmaß der Zahnverdrängung von Bedeutung sind. Genannt seien hier nur die paradentalen Verhältnisse des jeweiligen Zahnes, die Reaktionslage des Gewebes, die Zahl und Größe der elastischen Deformierungen, die weitgehend von den Kau-, Sprach- und sonstigen Gewohnheiten des Probanden, also von seinem Temperament abhängen, und nicht zuletzt Größe und Verlauf der Berührungsflächen der Platte sowie deren Eigenelastizität. Dies alles sind Imponderabilien die genormte Reaktionen unmöglich machen.

Die Werte der Distanzänderung zwischen 5:5 in den Fällen 11, 12 und 13, in denen jeweils erste Molaren fehlten, drängen zu dem Schluß, daß freistehende bzw. endstän-

dige Prämolaren stärker verdrängt werden als soche, die in geschlossener Zahnreihe stehen. Bei einzelstehenden Molaren konnte dies nicht festgestellt werden. Hier scheinen die Wurzelverhältnisse die maßgebliche Rolle zu spielen. Der Vergleich von Fall 3 bzw. 4, einer festen Seitenzahnbrücke, mit Fall 15, einer Seitenzahnbrücke mit labiler Verankerung auf dem mesialen Pfeiler, spricht dafür, daß starre Brücken die Bukkalverdrängung infolge einer gewissen Schienung geringer auftreten lassen, während labil verankerte Brücken die Verdrängung kaum wesentlich beeinflussen. Diese Fälle weisen auf die Abhängigkeit der Bukkalverdrängung der Zahnreihen bzw. einzelner Zähne vom Funktionszustand des Gebisses hin, wobei die Elastizität der Mandibula, d. h. ihre meßbare Lingualfederung, als Maßstab dienen kann.

Die in vier Fällen aufgetretene Erscheinung, daß die Platten morgens fester saßen als abends, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß während der Nacht bei diesen Versuchspersonen, die mit ziemlicher Gewißheit keine Presser waren, so gut wie keine elastischen Deformierungen der Mandibula aufgetreten sind, auf die Seitenzähne also auch keine Drücke ausgeübt wurden. Es kann angenommen werden, daß dabei die Umbauvorgänge zum Stillstand kamen bzw. sogar wieder rückläufig abliefen, d. h., daß die Zähne bis zu einem gewissen Grade wieder auf ihre Ausgangsstellung zurückgingen, womit der Plattensitz wieder fester wurde. Dies darf als indirekter Beweis dafür gelten, daß die die Zähne nach bukkal verdrängenden Kräfte nur aus der Muskulatur des Kauorgans stammen können und nur in der Funktion über die elastische Deformierung der Mandibula wirksam werden, also funktioneller Natur sind.

Das Auftreten von Gelenkschmerzen, wie in Fall 13, lenkt den Blick darauf, welche evtl. Folgen die Bukkalverdrängung der Zahnreihen haben kann und welche große Bedeutung dieser so geringfügig anmutenden und bisher unbeachteten Erscheinung zukommt. Offenbar hatte hier die eingetretene Okklusionsstörung schon zu so starken Umbauvorgängen in den Gelenken geführt, daß dabei sogar Schmerzen entstanden. Daß diese nicht nur aus der Muskulatur infolge Verkrampfung bei einer ungewohnten Kieferhaltung stammten, sondern aus den Gelenken selbst,

geht daraus hervor, daß sie bei der Kieferbewegung ebenso vorhanden waren wie in der Ruhe. Auch konnte bei einer Palpation der in Frage kommenden Muskulatur keine größere Schmerzhaftigkeit ausgelöst werden.

Die in allen untersuchten Fällen eingetretene Distanzvergrößerung der Seitenzähne führt zu dem Schluß, daß die Versuchsplatte als kieferorthopädisches Gerät angesprochen werden muß, da sie, obwohl als absolut passive Platte ohne jedes aktive Element konstruiert, innerhalb relativ kurzer Zeit recht erhebliche Stellungsänderungen der Seitenzähne auslöste. Als weiterer Beweis kann auch das beim Tragen der Platten in den Parodontien beobachtete kitzelnde Gefühl gelten, das wohl mit Recht als Zeichen sich im Zahnhalteapparat abspielender Umbauvorgänge bezeichnet werden darf, zumal dieses Gefühl von zwei Probanden als identisch mit dem bezeichnet wurde, das bei einer früher stattgefundenen kieferorthopädischen Behandlung aufgetreten war. Da diese die Veränderungen hervorrufenden Kräfte von der normale Funktion ausübenden Muskulatur des Kauorgans stammen, also funktionell bedingt sind, kann die Platte als funktionskieferorthopädisches Gerät im Sinne der Funktionskieferorthopädie gelten und die bei der Lingualneigung der Seitenzähne auftretenden Kräfte als funktionskieferorthopädische Kräfte.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der unter gleichen Kautelen getragenen Oberkieferplatten mit denen der Unterkieferplatten stellt klar die besondere Bedeutung der elastischen Deformierung der Mandibula an ihrem Zustandekommen heraus. Während man in der Funktionskieferorthopädie bisher die von der Kau-, Wangen-, Zungen- und Lippenmuskulatur ausgelösten funktionellen Kräfte als direkt am Gerät angreifend betrachtete, muß nach dem Gesagten eingeräumt werden, daß ein großer Teil dieser Kräfte auf dem Umwege über die elastische Deformierung der Mandibula, die sich in Lingualkippen der Seitenzahnreihen äußert, nur indirekt wirkt. Die so zu Umbauvorgängen führenden Erschütterungen des Zahnes und seiner Wurzel, die sogen. Schwingungen, entstehen also nicht nur durch den Stoß der funktionell bewegten Platte an den feststehenden Zahn, sondern auch durch den Stoß des durch die funktionelle Lingualfederung schwingenden Zahnes an die Platte, d. h., daß der Mechanismus

der funktionell bedingten elastischen Kieferdeformierung einen besonderen Faktor beim Zustandekommen von intermittierend wirkenden funktionell-mechanischen Reizen darstellt; durch welche das parodontale Gewebe nach den Anschauungen der HÄUPLschen Lehre in einen formativen Reizzustand versetzt wird, der Gewebsbildung und Gewebsumbau auslöst und so zu einer Veränderung der Zahnstellung führt. Die Richtung der von der Platte auf den Zahn ausgeübten Stöße bestimmt dabei dessen Bewegungsrichtung.

Darüber hinaus kann angenommen werden, daß bei der Lingualfederung nicht nur Stöße auf die Zähne selbst erfolgen, sondern auch auf die von der Plattenbasis bedeckten Kieferpartien, speziell die marginalen Teile des Alveolarfortsatzes. Wenn diese auch weitgehend durch die Kompressibilität der Gingiva abgefangen werden dürften, so stellen sie doch immerhin Druckschwankungen dar, die als intermittierende Impulse bestimmt auch zu Umbauvorgängen im Sinne der funktionellen Anpassung führen.

In Abbildung 4 ist der Versuch gemacht worden, den Vorgang der funktionell bedingten elastischen Kieferdeformierung schematisch darzustellen.

Betrachtet man von diesem Standpunkt aus die alte Kontroverse „Aktivator — aktive Platte“, so verliert diese dabei einiges von ihrer Schärfe. Jeder aktiven Platte mit kontinuierlich wirkenden aktiven Kräften werden nämlich durch die muskelbedingten Deformierungen des Kieferknochens auch intermittierende funktionelle Kräfte verliehen, sodaß die betroffenen Zähne nicht nur einem stets gleichbleibenden Druck ausgesetzt sind. Je nach Ausmaß der elastischen Deformierung kommt es dabei zu einer mehr oder weniger großen Aufstockung der Kräfte, die entsprechend dem oben Gesagten mitunter durchaus ein Vielfaches der von der aktiven Platte ausgelösten Kräfte betragen können.

Umgekehrt dürfte jeder Aktivator in den ersten Stunden und Tagen seiner Tragezeit und besonders dann, wenn er nicht richtig eingeschliffen ist, durch die von der elastischen Kieferdeformierung ausgelösten Lingualkippungen der Zähne reaktiv beachtliche aktive Kräfte auf diese ausüben.

Daß diese funktionell bedingten Kräfte dabei auch durchaus das biologische Maß überschreiten können und überschreiten, wird durch die in einigen Fällen speziell bei forcierteter Funktion aufgetretene Schmerzhaftigkeit in den Parodontien bewiesen, sofern man die Schmerzhaftigkeit als Kriterium für das Vorhandensein pathologischer, von unphysiologischen Kräften ausgelösten Gewebsveränderungen annehmen darf.

Damit käme dem Einschleifen der Aktivatoren in erster Linie die Bedeutung zu, dem von der elastischen Kieferdeformierung ausgelösten Spiel der Zähne den benötigten freien Raum zu schaffen, um Überlastungen und damit Schädigungen der Parodontien zu vermeiden; es sei denn, man nimmt diese in Kauf und bedient sich der von der elastischen Deformierung ausgelösten Kräfte zu orthodontischen Bewegungen. Dann aber ist der Aktivator kein passives Gerät mehr, sondern ein aktives.

Für die praktische Anwendung in der Kieferorthopädie resultiert daraus die Forderung, daß beim Einschleifen der Berührungsflächen eines Aktivators das Ausmaß der durch die elastische Deformierung der Mandibula bedingten Lingualkipfung der unteren Seitenzähne als Mindestmaß zu dienen hat. Da diese im Unterkiefer durchschnittlich zehnmal größer als im Oberkiefer ist, hat es in eben diesem Verhältnis zu erfolgen.

Die in der Kieferorthopädie beim Tragen von Aktivatoren häufig angeordneten „Spannübungen des Masseters“¹⁾ über die NAWRATH berichtete, dürften nicht zuletzt ihre Erklärung auch im Mechanismus der funktionell bedingten elastischen Kieferdeformierung finden. Die Feststellung, daß bei Anwendung der Spannübungen Behandlungen mittels Aktivator häufig schneller und zielsicherer verlaufen, ist m. E. neben der Tonussteigerung des Masseters vor allem darauf zurückzuführen, daß bei den Spannübungen auch elastische Kieferdeformierungen erfolgen, die zusätzliche funktionelle Impulse darstellen und so beschleunigten und verstärkten Gewebsumbau auslösen.

In diesem Zusammenhang sei auch die von BALTERS gemachte Beobachtung erwähnt, daß verzögert und schwierig durchbrechende untere Weisheitszähne häufig bedeutend schneller oder überhaupt erst richtig durchbrechen,

wenn Unterkiefer-Vorschubübungen mit System und Ausdauer exerziert werden (zitiert nach JUNG lt. einer persönlichen Mitteilung an JUNG). Auch hier dürfte die dabei auftretende maximale elastische Deformierung der Mandibula das auslösende Agens sein.

Die von MÜHLEMANN bei seinen Untersuchungen über die Beeinflussung des Parodonts mit den verschiedenen kieferorthopädischen Apparaten festgestellte Tatsache, daß auch die Beweglichkeit von Zähnen, die nicht direkt von orthodontischen Elementen getroffen werden, sondern „nur“ vom Plattenrand, infolge „Klemmwirkung“ leicht ansteigt, findet in der elastischen Deformierung der Kieferknochen ihre Erklärung. Die gestiegene Zahnbeweglichkeit war das Zeichen für ablaufende Umbauvorgänge als Folge der Zahnverdrängung. Mit Klemmwirkung wird an sich ja nur ein Zustand oder bestenfalls ein Vorgang bezeichnet, über die Ursache sagt sie aber nichts aus. Da die diesbezüglichen Versuche nur im Oberkiefer angestellt wurden, war der Effekt auch nur relativ gering. Bei gleichen Versuchen im Unterkiefer wären gewiß größere Werte ermittelt worden entsprechend der bedeutend größeren elastischen Deformierung dieses Knochens.

Für die Konstruktion von herausnehmbarem Zahnersatz allgemein wird durch die Untersuchungsergebnisse mit Nachdruck die Forderung unterstrichen, die Anlagerung von Plattenrändern an die Zähne auf ein unbedingt notwendiges Minimum zu beschränken. Dabei ist einer elastischen Konstruktion, die in gewissem Grade der Lingualfederung der Zähne nachgibt, mit Rücksicht auf evtl. Schädigungen des Zahnhalteapparates unbedingt der Vorzug zu geben. In jedem Falle aber ist bei einer engen Anlagerung des Plattenrandes oder eines sonstigen starren Elementes an einen Zahn ohne eine der Gegenseite der Zahnkrone anliegende Abstützung mit einer Abwanderung der Zähne nach bukkal zu rechnen, und zwar im Unterkiefer bei den Prämolaren um etwa 0,11 mm und bei den Molaren um 0,20 mm.

Abschließend darf festgestellt werden, daß durch die Eingliederung der Versuchsplatte eine erhebliche Störung des physiologisch-funktionellen Gleichgewichtes zwischen Muskelkräften und Gewebestruktur ausgelöst wurde, die ihre

Ursache nicht im Vorhandensein der passiven Platte an sich, sondern in der Behinderung der physiologischen elastischen Deformierung der Mandibula durch die den Zähnen anliegenden Plattenränder hat. Im Bestreben des Organismus, diese „funktionelle Disharmonie“ (ESCHLER) durch Umbauprozesse entsprechend den neu aufgetretenen Belastungserfordernissen zu kompensieren, kommt es auf Grund von funktionsbedingten, aus der Lingualfederung der Mandibula und ihrer Alveolarfortsätze stammenden und von den Plattenrändern auf die Zähne übertragenen intermittierenden Stößen, die in ihrer Größe wesentlich über das Maß der physiologischen Eigenbeweglichkeit des betroffenen Zahnes hinausgehen, zu einer nach bukkal gerichteten Verdrängung der Seitenzähne. Während einer Zeit von etwa 10 Tagen beziehen die betroffenen Zähne eine neue Position, in der sie in ihrem durch die elastische Deformierung des Kieferknochens bedingten Spiel von der Platte nicht mehr behindert werden können, d. h., wo die bei der normalen Deformierung auftretenden, von der Platte umgeformten Kräfte denen entsprechen, die in physiologischer Funktion auf den Zahn wirken. Die bukkalwärts drängenden Kräfte und Bewegungen können dabei so groß werden, daß die Grenze der physiologischen feingeweblichen Umbauprozesse überschritten wird, sodaß es, worauf die dabei auftretende Schmerzhaftigkeit schließen läßt, zu pathologischen Vorgängen kommt. Welches Ausmaß diese haben, inwieweit sie reversibel oder irreversibel sind, und ab wann sie zur Zahnlockerung führen, konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht werden. Ebenso konnte nicht ermittelt werden, zu welchem Zeitpunkt die Umbauvorgänge, die ja an sich stets und nur durch die Störung wesentlich verstärkt ablaufen, ihren Abschluß finden. Der erhobene Meßbefund, daß die verdrängten Zähne durchschnittlich innerhalb von 3 bis 6 Tagen spätestens 8 bis 10 Tagen nach dem Entfernen der Platte auf ihren Ausgangspunkt zurückgingen, läßt nur darauf schließen, daß die geweblichen Anpassungsvorgänge zum Zeitpunkt der Plattenentfernung noch nicht abgeschlossen waren. Der Rückgang hätte sonst nach dem Wegfall der unphysiologischen Schubkräfte länger dauern müssen. Ohne eingehende histologische Untersuchungen wird aber hierüber nichts Genaueres

gesagt werden können. Die Untersuchungen selbst ergaben nur die Tatsache, daß nach einer Tragedauer der Platte von etwa zehn Tagen meßbare Stellungsveränderungen des nach bukkal verdrängten Zahnes nicht mehr feststellbar waren, und daß innerhalb weniger Tage nach Absetzen der Versuchsplatte die Zähne sich wieder in ihrer Ausgangsstellung befanden. Es kann dazu nur allgem. gesagt werden, daß die geweblichen Veränderungen im Zahnhalteapparat, aber auch im ganzen Kieferknochen und, wie die Untersuchungen ergaben, auch sogar in den Gelenken dann ihren Abschluß gefunden haben werden, wenn ein absolutes Gleichgewicht der in der Funktion auftretenden Kräfte mit denen der Gewebe eingetreten ist, wenn also, um mit ESCHLER zu sprechen, der Organismus sich wieder in funktioneller Harmonie befindet.

V.

Zusammenfassung

Ziel vorliegender Arbeit ist es, einen bescheidenen Beitrag zur Klärung des Funktionsmechanismus des menschlichen Kauorgans zu geben, um so dem Bau der funktionellen Prothetik ein weiteres Erkenntnissteinchen einfügen zu können.

Dazu wurden gemäß der Themenstellung klinisch-technische Untersuchungen über die Auswirkungen der elastischen Deformierung der Mandibula auf die Stellung der unteren Seitenzähne beim Tragen von einfachen, lingualen Platten angestellt.

Nach einer eingehenden Würdigung des gegenwärtigen Standes der Literatur über die funktionell bedingte elastische Deformierung der Mandibula sowie über die Zahnverdrängung durch prothetische und kieferorthopädische Platten, wird näher auf die Untersuchungsmethodik und die dabei angewandte Meßtechnik eingegangen.

An einer Probandengruppe von 15 Studierenden, die sich freiwillig für die Versuche zur Verfügung stellten, wurden nach zehntägigen ununterbrochenen Tragezeiten einfacher

lingualer Unterkieferplatten aus autopolymerisierendem Kunststoff Messungen der dabei aufgetretenen Distanzveränderungen der Seitenzähne durchgeführt.

In 20 Meßreihen ergab sich dabei anhand von 316 Einzelmessungen, daß die unteren zweiten Prämolaren durchschnittlich um 0,11 mm und die zweiten Molaren um 0,20 mm auseinandergedrängt worden waren. Der Vergleich dieser Ergebnisse mit denen, die von anderer Seite unter gleichen Versuchsbedingungen im Oberkiefer ermittelt worden waren, und die durchschnittlich etwa zehnmal kleinere Werte ergeben hatten, führt zu dem Schluß, daß der Grund hierfür nur in dem beträchtlich verschiedenen anatomisch-physiologisch bedingten funktionellen Verhalten der Mandibula, nämlich in ihrer elastischen Deformierung, die sie bei jeder Funktion, seitens der Muskulatur des Kauorgans erfährt, liegen kann. Dabei treffen die seitlichen Zahnreihen bei ihrer durch die elastische Deformierung bedingten Lingualfederung auf die ihnen anliegenden mehr oder weniger nachgiebigen Plattenränder und werden von diesen — gemäß *actio* gleich *reactio* — nach bukkal verdrängt. Zum Vergleich durchgeführte Versuche mit gegossenen Metallplatten, welche als absolut starr gegenüber den federnden Kunststoffplatten zu bezeichnen sind, ergaben noch größere Bukkalverdrängungen der Zähne, d. h., daß sich die elastische Deformierung der Mandibula hierbei besonders stark ausgewirkt hatte. Daraus folgt, daß im Interesse einer geringstmöglichen Schädigung der Paradentien der zwangsläufig verdrängt werdenden Zähne bei der Herstellung von Zahnersatz elastischen Konstruktionen der Vorzug zu geben ist.

Umgekehrt bedeutet diese Feststellung die Erklärung für eine Forderung der Kieferorthopädie, daß bei funktionellen Behandlungsgeräten möglichst keine elastischen, sondern starre Elemente zur Richtungsbeeinflussung zu verwenden sind.

Die Gegenüberstellung der nach dem Tragen der Platten gefundenen Werte der Distanzänderung mit den entsprechenden Werten, die bei gleichzeitig durchgeführten Messungen der elastischen Deformierung der Mandibula aus der Lingualkipfung der Zahnreihen bei maximaler Kieferöffnung und Kiefervorschub ermittelt wurden, gab Auf-

schluß darüber, daß diese Werte bedingt in einem festen Verhältnis zueinander stehen. Großen Werten der elastischen Deformierung standen allgemein auch große Bukkalverdrängungen der Seitenzähne gegenüber, d. h., die Größe der elastischen Deformierung der Mandibula kann als Maßstab für die zu erwartende Verdrängung der Seitenzähne gelten.

Die in allen Fällen eingetretene Bukkalverdrängung der Seitenzähne berechtigt zu dem Schluß, daß die verwendeten passiven Versuchsplatten, die keinerlei Halteelemente oder sonstige aktive Elemente aufwiesen, ebenso wie jede andere Platte ähnlicher Konstruktion, als kieferorthopädische Geräte betrachtet werden müssen oder genauer, da die von ihnen ausgelösten Kräfte aus der Muskulatur des funktionell betätigten Kauorganes stammen, als funktionskieferorthopädische Geräte und die dabei wirksamen Kräfte als funktionskieferorthopädische Kräfte. Diese stellen intermittierende, funktionell-mechanische Stöße dar, welche entsprechend dem Ausmaß der elastischen Deformierung der Mandibula auf den gegen den Plattenrand gedrückten Zahn bzw. seine Wurzel wirken, wodurch — nach Richtungsumkehrung derselben — feingewebliche Umbauvorgänge in seinem parodontalen Gewebe ausgelöst werden und der Zahn schließlich seine Stellung ändert.

Die Folgerung aus den gefundenen Ergebnissen und Überlegungen ist die Erkenntnis, daß der Mechanismus der funktionell bedingten elastischen Kieferdeformierung maßgeblich am Zustandekommen der durch passive Platten ausgelösten Zahnverdrängungen — sei es in der Prothetik oder in der Kieferorthopädie — beteiligt ist.

Die Kenntnis von Art und Ausmaß dieser Erscheinung und ihre Berücksichtigung sind somit für eine wissenschaftliche Prothetik, die den funktionellen Belangen des Kauorganes in jeder Beziehung Rechnung zu tragen sucht, eine zwingende Forderung.

* *
*

VI.

Literaturverzeichnis

1. Andresen V., Häußl K., Petrik L.:
Funktionskieferorthopädie
München 1953 (Joh. Ambr. Barth)
2. Ascher F.:
Aktive kieferorthopädische Platten mit elastischen
Rändern
Dtsch. Z. M. K. 6: 476 (1939)
3. Benninghoff A.:
Lehrbuch der Anatomie des Menschen
München 1942 (J. F. Lehmann)
4. Bluntschli H.:
Von den Kräften, welche den Kiefer bewegen und
gestalten
ZR 38 — Paradentium 3: 87 (1929)
5. Bredau G.:
Messung der physiologischen Zahnbeweglichkeit der
oberen Seitenzähne unter Berücksichtigung der ela-
stischen Deformierbarkeit der oberen seitlichen Al-
veolarfortsätze im gesunden Gebiß
Inaug. Diss. Mainz 1954
6. Elbrecht A.:
Systematik der abnehmbaren partiellen Prothese
Leipzig 1937
7. Eschler J.:
Inwiefern stützen experimentelle Studien über die
Formgestaltung der paradentalen Gewebe und des
Kieferknochens die Grundlage der FKO
Dtsch. Z. M. K. 6: 759 (1939)
8. Eschler J.:
Über die Auswirkung und Bedeutung der musku-
lär-funktionellen Inanspruchnahme für die Entwick-
lung der paradentalen Gewebe zum Gewebssy-
stem Paradentium
D. Z. Z. 3: 603, 665 (1948)

9. Eschler J.:
Funktionelle Orthopädie des Kausystems
München 1952 (Carl Hanser)
10. Frank H.:
Klinische Reaktionen beim Tragen einer Gaumen-
platte aus schnellhärtendem Kunststoff
Inaug. Diss. Mainz 1955
11. Gettmann H.:
Über die Elastizität der kindlichen Mandibula
Inaug. Diss. Mainz 1951
12. Gottlieb B., Orban B.:
Die Veränderungen der Gewebe bei übermäßiger
Beanspruchung der Zähne
Leipzig 1931 (Gg. Thieme)
13. Grohs R.:
Veränderungen im Periodontium bei überbelaste-
ten Zähnen
Zschr. Stomatol. 29 : 4 (1931)
14. Häupl K.:
Über Gewebsbildung im Parodontium (Zugleich Be-
merkungen zur Frage der Zahnwanderung, der
Breite des Periodontalraumes und der Gefäßver-
sorgung des Zahnstützapparates)
Vjschr. f. Zahnk. 45 : 606 (1929)
15. Häupl K.:
Gewebsumbau und Zahnverdrängung in der Funk-
tionskieferorthopädie
Leipzig 1938 (Joh. Ambr. Barth)
16. Häupl K., Pschansky R.:
Histologische Untersuchungen über die Wirkungs-
weise der in der FKO verwendeten Apparate (Ak-
tivatoren)
Dtsch. Z. M. K. 5 : 214, 485, 641 (1938)

17. Häupl K.:
Über die theoretischen Grundlagen der FKO nebst kritischen Bemerkungen zu den vorliegenden Untersuchungen über Gewebsveränderungen bei Einwirkung orthopädischer Apparate
Dtsch. Z. M. K. 6 : 488, 655 (1939)
18. Häupl K.:
Die Bedeutung der Funktion für Gewebsbildung und Gewebsumbau im Paradentium
ZR H 7 — Paradentium 1 : 2 (1941)
19. Häupl K.:
Über Gewebsveränderungen und die ihnen zugrunde liegenden Vorgänge, welche von partiellen Prothesen am Kieferkamm, Zahn und Zahnstützgewebe veranlaßt werden
Dtsch. Z. M. K. 10 : 282 (1943)
20. Häupl K.:
Über die Berücksichtigung des funktionellen Geschehens in Theorie und Praxis der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
D. Z. Z. 11 : H 16 (1956)
21. Hildebrand, G. Y.:
Klinische Studien über Zahnprothesen
ZR 47. — Paradentium 10 : 65 (1938)
22. Hildebrandt C.:
Die Arbeitsphysiologie des menschlichen Kauorgans
Bad Wörishofen 1950 (Dr. E. Banaschewski)
23. Job K.:
Über die Elastizität der Skeletteile des Gebißsystems bei der mastikatorischen Funktion
Inaug. Diss. Mainz 1950
24. Jung F.:
Beitrag zur prothetischen Versorgung Kieferverletzter
D. Z. Z. 3 : 457 (1948)

25. Jung F.:
Die Elastizität der Mandibula bei der Bißöffnungs-
bewegung
Mainz 1949 (Habilitationsschrift)
26. Jung F.:
Die Elastizität der Skeletteile des Gebißsystems
STOMA 5:74 (1952)
27. Jung F.:
Elastizität der Skeletteile des jugendlichen Gebiß-
systems
Fortschr. d. Kieferorthopäd. 13 : 56 (1952)
28. Jung F.:
Über die Elastizität der Alveolarfortsätze und Kie-
ferkörper und ihre Bedeutung für die zahnärztliche
Prothetik
(Aus dem Bericht über die wissenschaftliche Ta-
gung der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche
Prothetik und Werkstoffkunde in Bremen vom 19. -
21. März 1954, von K. Falk)
D. Z. Z. 9 : 809 — Prothetik und Werkstoffkunde
3 : 3 (1954)
29. Jung F.:
Die Elastizität der Kiefer und Alveolarfortsätze bei
Dysgnathien
Fortschr. d. Kieferorthopädie 17 H 1 (1956)
30. Loos St.:
Über die Bewegung der Zähne innerhalb der Kiefer
und Alveolen
Zschr. Stomatol. 45 : 27, 75 (1948)
31. Messerer O.:
Über Elastizität und Festigkeit der menschlichen
Knochen
Stuttgart 1880 (I. G. Cotta)
32. Mühlemann H. R.:
Die physiologische und pathologische Zahnbeweg-
lichkeit
Schw. Mschr. f. Zhk. 61 : 1 (1951)

33. Mühlemann H. R.:
Die Beeinflussung des Paradonts mit den verschiedenen kieferorthopädischen Apparaten
D. Z. Z. 6 : 1087 (1951)
34. Mühlemann H. R.:
Zur Beurteilung des Paradonts vermittlels Zahnbeweglichkeitsmessungen
D. Z. Z. 11 : 634 (1956)
35. Mühlemann H. R.:
Periodische Phänomene in der Stomatologie
D. Z. Z. 11 : 977 (1956)
36. Nawrath K.:
Spannübungen des Masseters mittels Aktivator
Zahnärztl. Praxis 8 H 7 (1957)
37. Oppenheim A.:
Die Veränderung der Gewebe, insbesondere des Knochens, bei den Verschiebungen der Zähne
Ö Vjschr. f. Zahnk. 27 : 302 (1911)
38. Oswald G.:
Ist das Gipsmodell ein raumgetreues Ebenbild des Kiefers?
Inaug. Diss. Mainz 1951
39. Reichborn-Kjennerud I.:
Funktionell-prothetische Behandlung und Prophylaxe der Zahnlockerung und der Dysgnatien
Die Zahn-, Mund- und Kieferhk. Lfg. 21 (1956)
40. Saalfrank K.:
Über die Elastizität des Kieferknochens in Abhängigkeit von dem Funktionszustand d. Gebißsystems
Inaug. Diss. Mainz 1955
41. Sieglaff M.:
Untersuchungen über physiologische und pathologische Beweglichkeit der oberen Seitenzähne in anormalen Gebißsystemen
Inaug. Diss. Mainz 1954

42. Spreng M.:
Partiell abnehmbare Prothese und Zahnlockerung
Zschr. Stomatol. 36 : 3 (1938)
43. Schuster O.:
Untersuchungen über die physiologische und pathologische Beweglichkeit der unteren Frontzähne in und mit den Alveolen
Inaug. Diss. Mainz 1953
44. Schwarz A. M.:
Über die Bewegung belasteter Zähne
Zschr. Stomatol. 1 : 40 (1928)
45. Schwarz A. M.:
Aktivator oder aktive Platte
Dtsch. z. Wschr. 42 : 175, 458 (1939)
46. Schwarz A. M.:
Gebißregelung mit Platten
Berlin-Wien 1944 (Urban & Schwarzenberg)
47. Triepel H.:
Die trajektoriellen Strukturen
Wiesbaden 1908 (F. J. Bergmann)
48. Walkhoff O.:
Über die Natur der Gewebsveränderungen bei orthodontischen Maßnahmen
Dtsch. Z. M. K. 1936-1937
49. Weski O.:
Über Normo- und Pathophysiologie der sog. Wurzelhaut
Schw. Mschr. f. Zahnk. Nr. 12 (1931)
50. Wetzel G.:
Lehrbuch der Anatomie für Zahnärzte
Jena 1951 (Gustav Fischer)

51. Wild W.:

Funktionelle Prothetik

Basel 1950 (Schwabe)

52. Zaik B.:

Die Reaktion des Knochens auf mechanische Einwirkungen vom Gesichtspunkte der photoelastischen Methode

Dtsch. Z. M. K. 5 : 161 (1938)

53. Zaik B.:

Elastische Reaktionen der Alveolenwand bei orthodontischen Maßnahmen

Dtsch. Z. M. K. 8 : 283 u. 448 (1941)

54. Zwirner E.:

Über die Bedeutung einer genauen Kenntnis der Zahnbewegungen für Wissenschaft und Praxis

Dtsch. Z. M. K. 19 : 297 (1953/54)



Am Schluß meiner Arbeit darf ich mir erlauben,
Herrn Prof. Dr. Jung für die Überlassung des
Themas und die freundliche Übernahme des Re-
ferates recht herzlich zu danken.

Lebenslauf

Am 12. Juli 1920 wurde ich, Heinz Max Marx, zu Glatz in Schlesien als Sohn des Photographenmeisters Georg Marx und seiner Ehefrau Helene, gebürtige Schäfer, geboren.

Meine Schulzeit beschloß ich im März 1939 mit der Reifeprüfung an der heimatlichen Graf-Götzen-Oberschule.

Es folgten unmittelbar Arbeits- und Wehrdienst bis zum Kriegsende 1945. In dieser Zeit war ich bei der Luftwaffe als Flugzeugführer eingesetzt.

Der Verlust der schlesischen Heimat, der unserer Familie Existenz und Vermögen raubte, ließ mich zunächst das Zahntechnikerhandwerk ergreifen, in dem ich 1949 die Gesellenprüfung bestand und bis 1953 als Zahntechniker tätig war.

Zum Wintersemester 1953 ließ ich mich für das Studium der Zahnheilkunde an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz immatrikulieren und legte hier nach vier vorklinischen Semestern im März 1955 das zahnärztliche Physikum und nach weiteren drei Semestern das Staatsexamen ab.

Am 28. Juni 1957 erhielt ich die Approbation als Zahnarzt.

